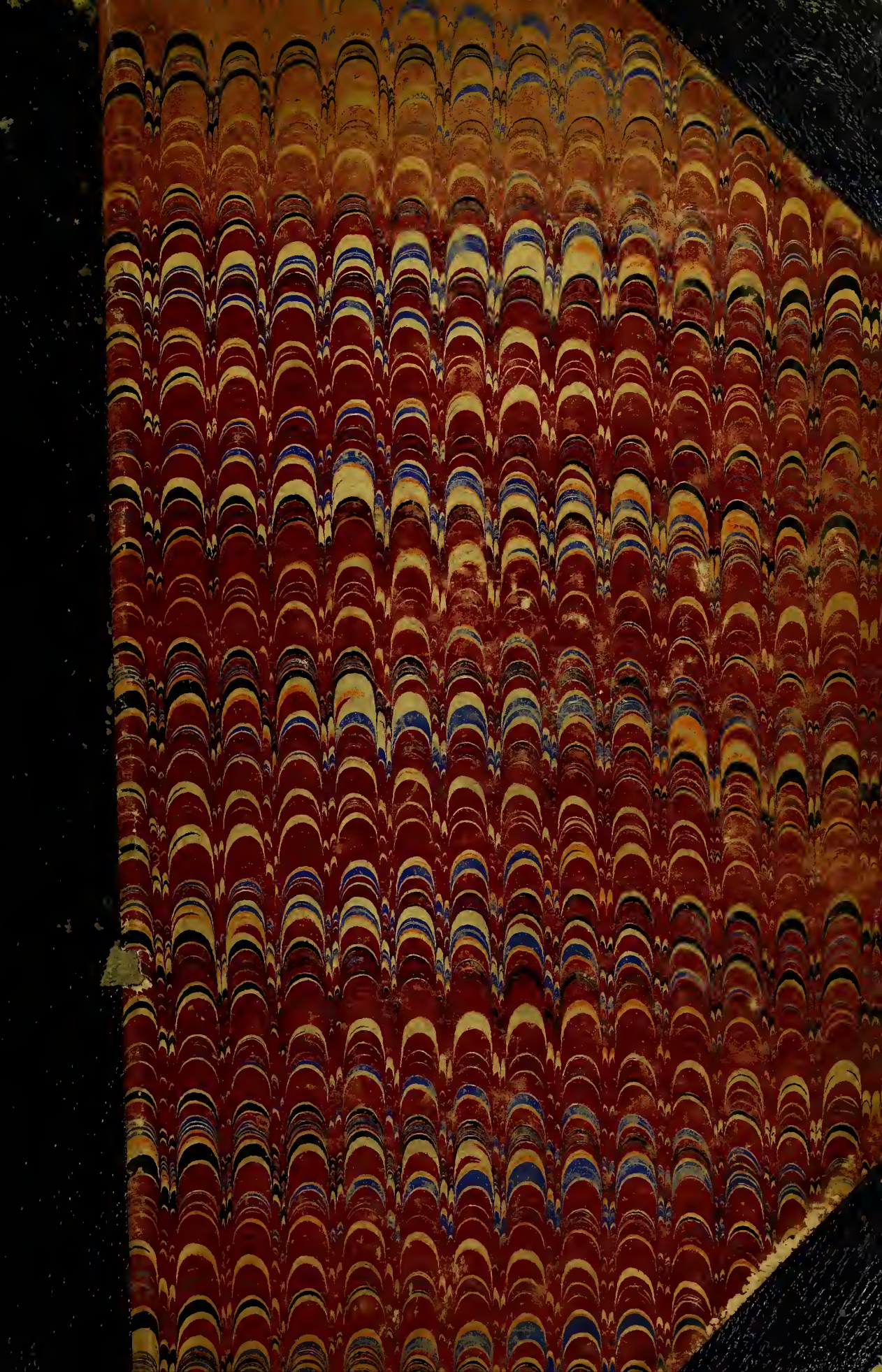


22900369359

Med
K3103

LE

MICROSCOPE.

OUVRAGES PRINCIPAUX DE L'AUTEUR :

Synopsis des diatomées de Belgique, par le Dr HENRI VAN HEURCK ; Anvers 1880-1885. Comprend : Un vol. de texte, un vol. de tables et un atlas contenant 3100 figures. . . fr. 200.—

L'Institut de France a décerné à cet ouvrage le grand prix de Botanique cryptogamique. (Prix Desmazières).

Types du Synopsis des Diatomées. Collection de 550 préparations contenant plus de 1200 formes, avec notes et diagnoses. 22 vol. petit in 8° . . . . . fr. 600.—

Rapport sur les classes 39 *et* 40 *de l'Exposition Universelle d'Anvers* in 8°, 110 pages ; publié par le Gouvernement. 5.—

Le Microscope à l'Exposition Universelle d'Anvers, in 8°, avec figures. . . . . fr. 2.50

Antwerpsche analytische Flora, door HENRI VAN HEURCK en J-I. DE BEUCKER ; Antwerpen, 1sto deel, 1861 . . . . fr. 3.—

Prodrôme de la Flore du Brabant, par HENRI VAN HEURCK et ALFRED WESMAEL ; in 8°, 1862 . . . . . fr. 1.25

Flore médicale Belge, par le Dr HENRI VAN HEURCK et le Dr VICTOR GUIBERT ; un volume in 8° de 450 pages. Louvain, 1865 . . . . . fr. 4.—

Observationes botanicæ et descriptiones plantarum novarum herbarii Vanheurckiani. — Recueil d'observations botaniques et de descriptions de plantes nouvelles ; publié par le Dr HENRI VAN HEURCK, avec la collaboration du Dr J. Müller et de MM. C. de Candolle, Crépin, Spring, etc. ; texte latin-français. Deux fascicules sont publiés. Prix du fascicule . . . . fr. 3.50

LE

MICROSCOPE,

sa Construction,
son Maniement, la Technique Microscopique en général;
la Photomicrographie;
le Passé et l'Avenir du Microscope,

PAR LE

Dr HENRI VAN HEURCK,

PROFESSEUR DE BOTANIQUE ET DIRECTEUR DU JARDIN BOTANIQUE D'ANVERS,
PROFESSEUR DE CHIMIE A L'ÉCOLE INDUSTRIELLE D'ANVERS,
CHEVALIER DES ORDRES DE LÉOPOLD, DE LA COURONNE D'ITALIE ET DE ST.-JACQUES, POUR LES SCIENCES, DU PORTUGAL;
OFFICIER DE L'ORDRE DE ST.-SAVA, DE SERBIE;
ANCIEN PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE MICROSCOPIE,
MEMBRE HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ ROYALE DE MICROSCOPIE DE LONDRES, DE LA SOCIÉTÉ DE MICROSCOPIE DE NEW-YORK, ETC.
LAURÉAT DE L'INSTITUT DE FRANCE (ACADÉMIE DES SCIENCES).

QUATRIÈME ÉDITION

entièrement refondue et considérablement augmentée;
avec une planche en Phototypie et 227 fig. dans le texte.

ANVERS
ÉDITÉ AUX FRAIS
DE L'AUTEUR

BRUXELLES
E. RAMLOT, ÉDITEUR
RUE GRÉTY.

1891.

Imprimerie M^tin Brouwers & Co.

WELLCOME INSTITUTE LIBRARY
Coll. welMOmec
Call No. G H

PRÉFACE.

Nous n'avions pas vingt ans quand nous redigeâmes le manuscrit de la première édition de ce livre. Il ne fût toutefois publié que quelques années après et sur les instances de notre ami Arthur Chevalier qui voulait en insérer certaines parties dans son *Étudiant micrographe.*

La microscopie fût, en effet, notre étude de prédilection, dès l'enfance, et nous lui devons bien des heures heureuses de notre vie.

Lorsque nous écrivîmes le premier manuscrit de cet ouvrage les études micrographiques n'étaient pas aussi répandues, en Belgique et en France, qu'elles le sont maintenant. Un microscope était quasi un instrument de curiosité, et notre livre, modeste brochure de 104 pages, fût même le premier ouvrage dans lequel le lecteur français pût s'initier à la pratique de la micrographie végétale.

Quatre ans après sa publication on nous en demanda une deuxième édition ; la troisième, tirée à un nombre considérable d'exemplaires parût 9 ans après.

Des occupations incessantes et le long travail exigé par la publication de notre *Synopsis des Diatomées* ont fait retarder l'apparition de cette 4e édition que des lecteurs fidèles nous réclament depuis longtemps.

Il n'auront cependant pas à se plaindre beaucoup du retard. Le microscope a fait de tels progrès durant ces dernières années que la théorie fait croire que nous n'avons plus guère à espérer que des perfectionnements dont le principal sera une utilisation plus complète de l'ouverture des objectifs.

De même que chacune des éditions précédentes, ce travail a été écrit de nouveau en entier, peu de parties anciennes ont été utilisées. C'est donc, pour ainsi dire, un livre entièrement nouveau que nous publions aujourd'hui.

Nous y avons traité longuement les derniers progrès réalisés en

micrographie. La photomicrographie, les procédés de coloration, etc., ont été exposés avec l'importance qu'ils méritent.

Il en est de même de la théorie si importante de M. le Prof. Abbe, théorie dont la mise en pratique a permis de porter en peu d'années le microscope à l'apogée où il se trouve maintenant.

Par contre, nous avons supprimé les applications de la microscopie à l'anatomie végétale, à l'étude des Diatomées, etc.

Un volume spécial, déjà prêt en grande partie, sera consacré à ces applications et paraîtra d'ici à un ou deux ans, suivant les loisirs dont nous disposerons.

Publiée à l'occasion de l'Exposition, organisée par nous, pour la célèbration du 300e anniversaire de l'invention du microscope, nous avons voulu que cette édition fût un livre de luxe et, en même temps, que le prix en fût, à la portée de toutes les bourses. Nous avons donc édité ce livre à nos frais afin de pouvoir le mettre à tel prix qu'il nous convint, nous inquiétant peu que les frais de sa publication fussent couverts.

Nous avons maintenant à remercier les amis qui nous ont aidé dans nos recherches et dans nos études. Après le souvenir affecteux que nous conservons de feu Harting et Schacht, nos premiers maîtres, nous avons en premier lieu à témoigner notre reconnaissance à M. le Dr Rod. Zeiss, à M. le Prof. Abbe et à son savant collaborateur M. le Dr Siegfried Czapski, Sous-Directeur des ateliers d'Iena, qui, durant ces douze dernières années, nous ont fait constamment profiter de leurs multiples essais et qui ont bien voulu aussi faire réaliser dans les ateliers de la maison Zeiss les appareils dont nous eûmes successivement besoin pour nos recherches.

Nos amis, les savants constructeurs MM. A. Nachet et Dr E. Hartnack qui, depuis plus de vingt cinq ans nous ont permis de suivre constamment les progrès de leur fabrication, et feu le Dr A. Chevalier, qui nous accorda, dans ses ateliers, de mettre la main à la pâte, d'y apprendre à travailler le cuivre et à construire les lentilles, ont droit aussi à toute notre reconnaissance.

Donnons enfin un dernier souvenir à l'ami à qui furent dédiées les trois pemières éditions de ce livre, à H. Adan, qui, à soixante quinze ans écrivit son intéressant : « *Monde invisible* » et que la mort vient de ravir il y a quelques semaines, allant bientôt atteindre sa nonantième année et toujours enthousiaste des merveilles que le microscope nous revèle.

Anvers, 2 Août 1891.

SOMMAIRE.

INTRODUCTION : *L'Optique du Microscope* . . . . . page 1.

LIVRE I. *Le microscope composé et ses parties accessoires.* » 41.

LIVRE II. *Le microscope simple et le microscope à projection.* » 112.

LIVRE III. *L'Emploi du microscope* . . . . . » 123.

LIVRE IV. *La préparation des objets microscopiques* . . » 254.

LIVRE V. *Le microscope dans le passé et dans l'avenir* . » 285.

LE MICROSCOPE.

INTRODUCTION.

CHAPITRE I.

NOTIONS D'OPTIQUE.

Lumière. — Généralités.

La lumière est l'agent qui produit en nous la sensation de la vue.

La lumière est émise par des corps lumineux par eux-mêmes, tels que le soleil et les matières enflammées, ou réfléchie par les corps qui n'ont pas le pouvoir de l'émettre d'eux-mêmes et qu'on appelle non lumineux, tels que la lune.

Il est admis que les molécules des corps lumineux sont animées de vibrations excessivement rapides, qui, se communiquant à l'éther répandu partout, se propagent de la sorte et viennent frapper notre rétine. Le nombre de ces vibrations nous donne la sensation des couleurs.

La ligne droite suivant laquelle la lumière se propage s'appelle *rayon*. Une certaine quantité de rayons constitue un *faisceau* ; on emploie quelquefois aussi le mot *pinceau* pour désigner une faible quantité de rayons.

Les corps à travers lesquels la lumière peut se propager s'appellent en optique des *milieux* ; tels sont par exemple : l'air, l'eau, le verre. On les appelle encore, d'après le passage plus ou moins facile des rayons, corps transparents, translucides, diaphanes, par opposition aux corps opaques qui ne laissent pas passer les rayons lumineux. Beaucoup de corps, qui à première vue semblent entièrement opaques, laissent encore passer quelques rayons quand ils sont réduits en lames excessivement minces. Tel est le cas pour l'or, l'argent, etc.

Dans tout milieu homogène, c'est-à-dire ayant partout la même composition et une même densité, la lumière se propage en ligne droite. Il n'en est plus de même quand elle rencontre un corps opaque ou qu'elle passe d'un milieu dans un autre. Dans ces cas, la lumière est réfléchie, réfractée ou décomposée.

La *réflexion* est la propriété en vertu de laquelle les corps polis peuvent renvoyer, dans certaines directions, les rayons lumineux tombant à leur surface. La *réfraction*, c'est le changement de direction que font éprouver les corps transparents à la lumière qui les traverse obliquement.

Nous n'avons pas à nous occuper encore de la décomposition des rayons lumineux, qui a lieu le plus nettement par leur passage à travers des morceaux de verres, taillés d'une certaine façon, qu'on appelle prismes.

Réflexion.

Dans les microscopes actuels, la réflexion de la lumière n'est utilisée que pour éclairer l'objet à observer. Lorsqu'on utilise le microscope sans condenseur, on se sert pour les grossissements faibles d'un miroir plan et pour les forts d'un miroir concave. Examinons la marche que suivent les rayons tombant sur un miroir plan ; soit AB (fig. 1) le miroir, C un point lumineux : un rayon, émanant de ce point, et venant frapper le miroir en D, fera avec la perpendiculaire, élevée en ce point sur le miroir (perpendiculaire qu'on appelle normale), un angle EDF nommé angle de réflexion, égal à CDE, angle d'incidence.

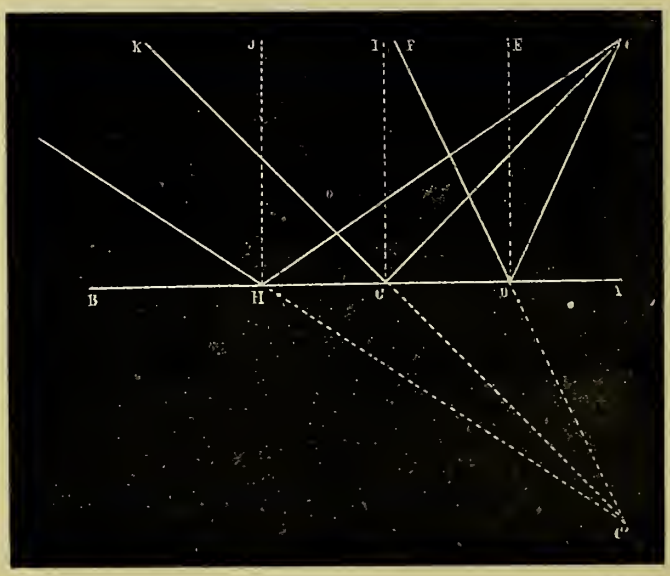


Fig. 1.

D'autres rayons, C G, C H, émanant du même point, feront encore avec les normales G I, H J, des angles de réflexion I G K, J H L, égaux aux angles d'incidence C G I et C H J.

Fig. 2.

La loi est encore la même quand des rayons parallèles C, D, E (fig. 2), viennent frapper un miroir plan. Dans la fig. 2, les angles de réflexion sont égaux aux angles d'incidence.

Miroirs concaves. — Il y en a de plusieurs espèces, mais ceux qui sont employés dans les microscopes sont ordinairement sphériques, c'est-à-dire représentant une portion, un segment de sphère. Les miroirs sphériques ont pour *centre de courbure* le centre de la sphère dont ils représentent une partie : ainsi, le miroir A B (fig. 3) a pour *rayon de courbure* le rayon O A.

Fig. 3.

Le point C, milieu du miroir, porte le nom de *centre de figure*, et la droite indéfinie, qui passe par ce point et le centre de courbure, est *l'axe principal*.

Les miroirs concaves possèdent la propriété de concentrer les rayons lumineux qu'ils reçoivent en un seul point qui s'appelle *foyer*.

On distingue le *foyer principal* et les *foyers conjugués* ; nous verrons ce que signifient ces deux expressions.

Soit un miroir concave A B dont C est le centre de courbure : considérons-le comme composé d'une infinité de miroirs plans. La ténuité extrême des rayons lumineux et la surface infiniment petite sur laquelle ils peuvent se réfléchir permettent cette supposition qui ramène, comme on voit, les lois de la réflexion dans les miroirs courbes à celles des miroirs plans (fig. 4).

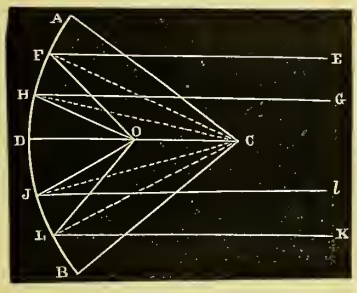


Fig. 4.

Supposons des rayons lumineux E F, G H, *l* J, K L, parallèles entre eux et à l'axe principal, tombant sur le miroir ; ils feront avec les normales qui seront alors les rayons C F, C H, C J, C L, des angles de réflexion C F O, C H O, C J O, C L O, égaux aux angles d'incidence E F C, G H C, *l* J C, K L C et tous ces rayons viennent concourir en un point O, milieu de l'axe principal C D.

En effet, considérons le triangle C F O : d'après les lois géométriques l'angle F C O est égal à l'angle C F E, comme angles alternes-internes relativement aux parallèles E F, C D, coupés par la droite C F ; or,

nous venons de voir que l'angle de réflexion C F O est égal à l'angle d'incidence E F C. Les angles F C O et C F O sont donc égaux entre eux comme l'étant tous deux à E F C et par suite les droites C O et O F sont égales. Les rayons lumineux pouvant se rapprocher jusqu'à presque se confondre avec l'axe C D, il s'ensuit que le point O est à une très minime fraction près le milieu de la droite C D. C'est le foyer principal.

Imaginons maintenant que les rayons tombant sur le miroir, au lieu d'être parallèles, proviennent d'un point lumineux E (fig. 5) situé à une certaine distance du centre C : les angles d'incidence, et par suite de réflexion, seront plus petits que dans le cas précédent. Le point F, où les rayons se réuniront, se trouvera donc situé en avant du point O, et entre ce point et le centre C. Il s'appelle foyer conjugué du point E.

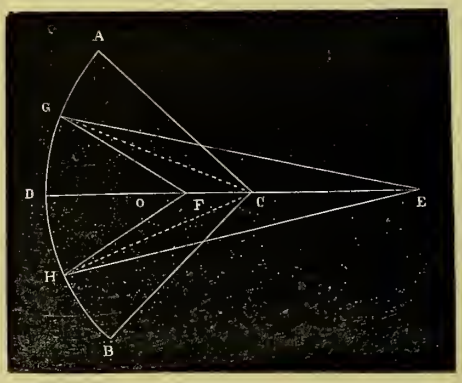


Fig. 5.

Il est facile de voir que plus on éloigne le point E du centre C, plus le foyer conjugué se rapprochera du foyer principal O, jusqu'à parvenir à se confondre avec lui. Si on rapproche, au contraire, le point E, le foyer conjugué se rapprochera également du centre. Si E se confond avec C, les rayons tombant perpendiculairement se réfléchissent sur eux-mêmes.

Si on place le point lumineux entre le point C et le foyer principal, le foyer conjugué se transporte au delà de C, ainsi le foyer conjugué d'un point F serait E.

Au foyer principal il se forme un foyer conjugué situé dans l'infini, les rayons réfléchis étant parallèles ; entre ce point et le centre de figure D, le foyer serait *virtuel* et placé derrière le miroir.

D'après ce qui précède, on voit que la détermination expérimentale du foyer principal d'un miroir concave sphérique est très simple; on le dispose de manière à recevoir, parallèlement à son axe principal, un faisceau de rayons solaires, et, présentant devant lui un carton blanc, on cherche la distance à laquelle l'image du soleil, qu'on obtiendra ainsi, se montrera le plus nettement.

Ce point sera le *foyer principal*, et sa distance au centre du miroir doublée donnera le rayon de courbure.

Les mots *rayons parallèles* ayant été employés plusieurs fois, on se demandera peut-être par quel moyen on peut obtenir de semblables rayons. Sachons donc que l'on considère comme doués du pa-

rallélisme les rayons qui émanent d'un point du soleil et des astres. Quoique ces rayons ne soient point mathématiquement parallèles on peut cependant les considérer comme tels à cause de l'énorme éloignement des corps qui les produisent.

Réfraction.

Nous avons vu précédemment ce que c'était que la réfraction. Celle-ci n'a un effet sensible que quand les rayons tombent obliquement par rapport à la surface du milieu que l'on considère ; tombant perpendiculairement à cette surface, ils continueraient, dans le second milieu, la même marche que dans le premier.

Considérons donc un rayon tombant obliquement d'un milieu sur la surface d'un autre, par exemple de l'air sur le verre, et nommons le B A (fig. 6). Au point de contact A, élevons la normale C A D ; le rayon, au lieu de suivre sa marche d'après le prolongement de A B, *se rapprochera* de la normale en faisant avec celle-ci un angle E A D (de réfraction), plus petit que C A B, angle d'incidence.

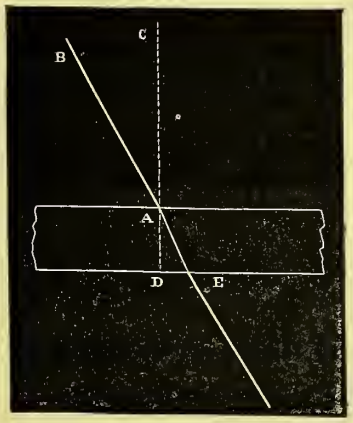


Fig. 6.

Passage de la lumière à travers les milieux à faces parallèles. — Les choses se passent ainsi toutes les fois qu'un rayon sort d'un milieu moins dense (et par suite moins réfringent), pour entrer dans un milieu plus dense. Si nous supposons le verre d'une forme plano-parallèle, le rayon B A E prolongé et sortant du verre pour rentrer dans l'air, il s'écartera de la normale d'autant qu'il s'en était rapproché dans la première réfraction et il fera un angle de réfraction égal à l'angle d'incidence dans la première réfraction

Prolongeant la droite qu'il suivrait alors, on verrait que ce rayon, en sortant du verre, a pris une direction parallèle à celle qu'il avait avant d'entrer dans ce milieu. Ce résultat provient de ce que les deux faces du plan supposé sont parallèles ; si elles ne l'étaient pas, le rayon aurait pris une direction autre, mais jamais parallèle à AB. Cette propriété est très importante pour la démonstration des propriétés des lentilles.

On démontre en physique que *les sinus des angles d'incidence et*

de réfraction sont entre eux dans un rapport constant pour un même milieu et une même couleur. Ce rapport se nomme *indice de réfraction* ; de l'air dans le verre il est 3/2, du verre dans l'air 2,3.

Angle limite, réflexion totale. — Nous avons vu qu'un rayon, passant d'un milieu dans un autre moins dense, fait un angle de réfraction plus grand que celui d'incidence. Il arrivera donc nécessairement que, pour un certain angle d'incidence, l'angle de réfraction sera droit, et que le rayon réfracté sortira parallèlement à la surface du plan. L'angle d'incidence qui produit cet effet porte le nom *d'angle limite.* En effet, pour tout angle supérieur, le rayon ne se réfracte plus, mais se réfléchit complétement, lequel phénomène s'appelle *réflexion totale* et est utilisé dans une sorte spéciale de prismes.

L'angle limite du verre à l'air est de 41°.

Passage de la lumière dans les milieux à faces non parallèles. — Parmi les milieux à faces non parallèles on distingue les *prismes* et les *lentilles.*

Les prismes sont des morceaux de verre à faces planes obliquées l'une vers l'autre. Connaissant les lois de la réfraction, il nous sera facile d'en déduire la marche des rayons dans ces milieux.

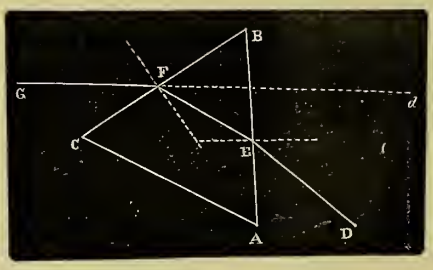


Fig. 7.

Supposons un prisme triangulaire dont la section transversale est A B C (fig. 7) et un point lumineux D : dans le plan A B C un rayon, parti de ce point, vient frapper le prisme en E et se réfracte en se rapprochant de la normale, puisqu'il passe dans un milieu plus réfringent ; il prend donc la direction E F, et se réfracte de nouveau au point F, où il repasse dans l'air, mais en s'écartant de la normale.

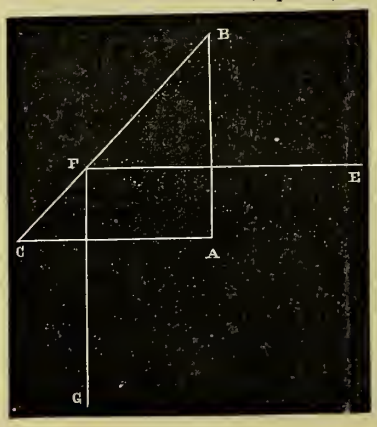


Fig. 8.

Pour l'œil appliqué au point G, la lumière semblera suivre une seule ligne droite et le point D sera vu, non à sa véritable place, mais dans la direction F *d*. Les prismes peuvent donc servir, comme les miroirs plans, pour déplacer à l'œil un point lumineux.

Application des prismes comme réflecteurs. — Les prismes qu'on emploie à cet usage sont taillés en triangle rectangle et isocèle, comme A B C (fig. 8 ci-avant) ; supposons un rayon incident

E F parallèle à A C. L'angle E F B sera égal à A C F et comme lui de 45° ; or, l'angle limite du verre n'étant que de 41°, le rayon E F se réfléchira complètement en F et prendra la direction F G parallèle à A B.

L'œil, appliqué en E, verra donc les objets placés en G comme s'ils étaient sur le prolongement de E F.

Des lentilles et de leurs propriétés.

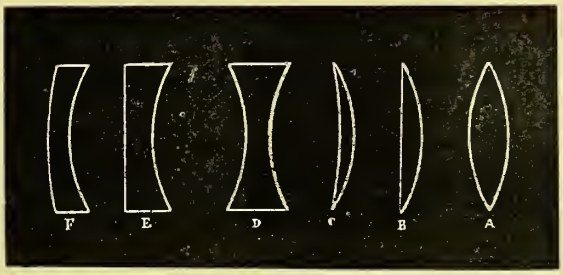


Fig. 9.

On appelle lentilles des corps transparents, généralement en verre, taillés de telle sorte qu'ils puissent faire converger ou diverger les rayons lumineux qui les traversent. Il y a deux séries de lentilles, la *série convexe* et la *série concave*. Ces séries comprennent les formes suivantes (fig. 9):

A La lentille biconvexe ;
B La lentille plano-convexe ;
C La lentille concavo-convexe ou ménisque convergent ;
D La lentille biconcave ;
E La lentille plano-concave ;
F La lentille concavo-convexe ou ménisque divergent.

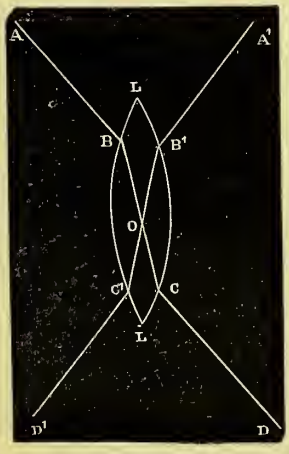


Fig. 10.

Admettons d'abord la même hypothèse que pour les miroirs sphériques, savoir : que les lentilles sont formées d'une infinité de petites surfaces planes, ayant pour normales les rayons menés de ces points aux centres de courbure. (*Voir* ci-après *Définition du centre de courbure.*)

Centre optique. On nomme centre optique d'une lentille un point tel que, tout rayon lumineux, passant par ce point, soit, à son émergence de la lentille, parallèle à la direction qu'il avait avant d'entrer dans la lentille.

Ainsi, dans la figure 10, le point O serait le centre optique de la lentille LL' si le rayon AB incident était parallèle au rayon CD émergent : un autre rayon A'B' incident passant

ensuite par O pour devenir C'D' émergent vérifie encore la définition.

Maintenant il s'agit de trouver la place de ce point O, mais auparavant remarquons que l'on nomme centre de courbure d'une face de lentille le centre d'une sphère dont cette face de lentille serait une partie.

Ainsi, dans la figure 11, soit ABCE une lentille, et ABC la face que nous avons en vue : cette face appartient à une sphère ABCD dont elle est une partie. Si cette sphère avait son centre en O, ce point serait le centre de courbure de la face ABC. Il est aussi à remarquer qu'il ne faut pas confondre le centre de courbure avec le centre de figure : ce dernier varie suivant qu'on enlève une partie des bords de la lentille, ainsi on peut les rendre carrées, polygonales, de formes diverses, et le centre de figure, quoiqu'il puisse changer avec chaque forme, ne l'aurait pas fait nécessairement dans les cas cités, changera avec chaque forme, tandis que le centre de courbure restera le même ; nous supposerons les lentilles de figure ronde comme elles se présentent ordinairement dans la pratique, et dans ce cas aussi le maximum d'épaisseur pour les lentilles convergentes et le minimum d'épaisseur pour les divergentes coïncident ordinairement avec le centre de figure. Si cette condition n'a pas lieu, les lentilles sont excentriques, comme dans le stéréoscope ordinaire, où elles doivent l'être. Nous supposons toujours ici les lentilles sphériques, le centre de figure correspondant au maximum ou minimum d'épaisseur, selon qu'elles sont convergentes ou divergentes.

Fig. 11

Pour trouver le centre optique d'une lentille quelconque, il faut d'abord chercher les points où les normales et les tangentes soient parallèles, ou, ce qui revient au même, où l'élément de la surface soit parallèle dans chaque face correspondante.

Ainsi, dans les lentilles où une face est plane, cela se voit directement, car il est évident que le point A (centre de figure de la face courbe) (fig. 12), aura sa tangente parallèle à CD, ou sa normale parallèle à celle de CD, ou l'élément A sera parallèle à tous les éléments de la face CD, tout cela revient au même.

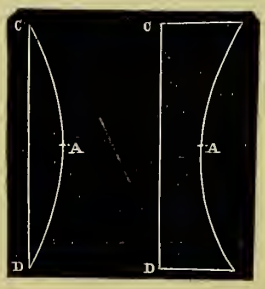


Fig. 12.

Or, tout rayon, qui entre au point A, sortira par la face CD, parallèle à la direction qu'il avait à son entrée, puisqu'il ne fait que passer par une lame à faces parallèles ; donc, suivant la définition que nous avons donnée du centre optique, le point A sera ce centre.

Tous les rayons qui en émergent auront une direction parallèle à celle qu'ils avaient avant d'entrer dans la face CD.

Dans les figures 13, 14, 15, 16 ci-après, B est le centre de courbure de la face B_1 B_2 B_3 ; A, celui de la face A_1 A_2 A_3.

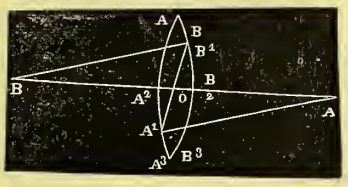


Fig. 13.

Si on mène un rayon quelconque BB' partant du centre de courbure B jusqu'à la face correspondante qu'il coupera en B'; ensuite, si on mène un rayon AA' parallèle à BB', partant du centre de courbure A pour couper la face correspondante A_1 A_2 A_3 au point A', ces faces, aux points A' et B' auront les normales BB', AA' parallèles par construction.

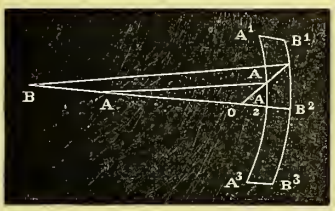


Fig. 14.

Il s'ensuit que leurs éléments seront aussi parallèles dans ces points. Donc, si un rayon lumineux entre en A' dans la lentille, avec une telle inclinaison qu'il en sorte par B' ou inversement, il se conduira comme s'il passait par un milieu à faces parallèles ; c'est-à-dire que sa déviation, avant son incidence et après son émergence seront parallèles, donc il passera par le centre optique O.

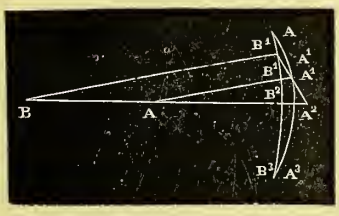


Fig. 15.

De plus, le rayon lumineux qui passe par A et B ne sera pas dévié de sa route ; il passera par conséquent aussi par le centre optique ; donc le point d'intersection de AB et A' B' donnera ce centre.

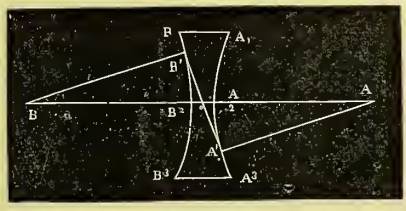


Fig. 16.

Toute ligne droite passant par le centre optique s'appelle *axe*. L'*axe principal* est l'axe qui passe en même temps par le centre de courbure ; les autres sont des *axes secondaires*.

Tout rayon lumineux qui suit l'axe principal n'est pas dévié de sa route. Il en est à peu de chose près de même pour les axes secondaires, du moins, si les lentilles n'ont qu'une faible épaisseur et que l'axe secondaire ne soit pas trop incliné sur l'axe principal.

Si ces conditions ne sont pas remplies, le rayon lumineux qui suit un axe secondaire est un peu déplacé tout en restant parallèle à lui-même.

Détermination des foyers dans les lentilles. — A. Série convexe. — Prenons comme type de la série convexe la lentille biconvexe ; l'étudiant

qui en aura compris les propriétés ne trouvera aucune difficulté pour les appliquer aux autres lentilles de la même série. La lentille biconvexe présente, comme le miroir concave, un foyer principal et des foyers conjugués et virtuels.

Soit une lentille traversée par des rayons parallèles entre eux et à l'axe principal. Ces rayons éprouvent une première déviation en entrant dans le verre et se rapprochent de l'axe ABC (fig. 17) ; en rentrant dans l'air, ils éprouvent une nouvelle déviation vers cet axe qu'ils vont couper au point C. Tous les rayons parallèles venant se couper en ce même point, celui-ci sera le foyer principal de la lentille.

Fig. 17.

La distance focale principale est la distance de ce foyer au centre optique. C'est là ce qui constitue le numéro des verres pour lunettes, etc., d'après l'ancien numérotage (mais que l'on remplace maintenant par les divisions du système métrique), ainsi la lentille n° 5 est une lentille dont le foyer principal est à une distance de 5 pouces du centre optique.

Si les rayons lumineux proviennent d'un point A (fig. 18) situé sur l'axe principal et se présentent à la lentille sous forme de faisceau divergent, la même chose a lieu, seulement, la déviation étant moins grande, les rayons réfractés se rencontrent en un point C' plus éloigné que le foyer principal et qui porte le nom de foyer conjugué de A. Si A se rapproche, C' s'éloigne ; si A s'éloigne, C' se rapproche sans toutefois se confondre avec C aussi longtemps que le faisceau n'est pas parallèle.

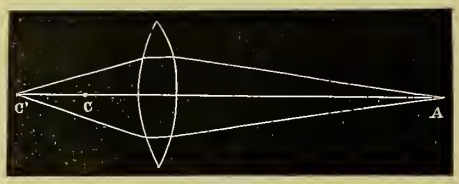


Fig. 18.

Les foyers secondaires sont des foyers qui se trouvent sur les axes secondaires quand les rayons incidents leur sont parallèles. Leur distance focale est la même que pour les foyers qui se trouvent sur l'axe principal ; toutefois, d'après ce que nous avons vu des axes secondaires, ceci n'est vrai que d'une manière approximative et ne serait vrai absolument que pour des lentilles idéales n'ayant pas d'épaisseur, mais pour la pratique c'est suffisamment exact.

Si nous supposons le point lumineux A (fig. 19) placé toujours sur l'axe principal, mais entre la lentille et son foyer principal O, nous aurons la construction suivante pour la marche des rayons lumineux : les rayons, divergents avant leur entrée dans la lentille restent divergents à

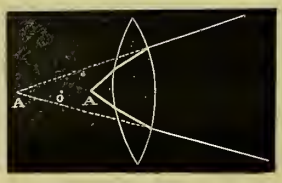


Fig. 19.

leur sortie. Ils ne peuvent donc eux-mêmes former un foyer, mais leurs prolongements se rencontrant en A', au delà du foyer principal, donnent à l'œil placé derrière la lentille la sensation d'un foyer. Ce foyer est « virtuel », c'est-à-dire qu'on semble le voir, mais il n'existe pas réellement ; il ne peut pas, comme les foyers réels être reçu sur un écran ou un verre dépoli. Si A s'approche de la lentille, A' s'approche du foyer principal ; si A se rapproche de ce point, A' s'en éloigne.

Construction des images dans les lentilles convexes. — Dans ce qui précède, nous avons toujours supposé que les points lumineux donnant les foyers étaient situés sur l'axe principal de la lentille. Remarquons que la construction des foyers serait toujours la même si ces points se trouvaient sur des axes secondaires, les foyers se trouvant alors sur un certain point de ces axes où les rayons divergents coïncideraient après leur passage dans la lentille.

Ceci posé, pour arriver à la construction des images dans les lentilles convexes, remarquons encore que l'image d'un objet est formée par la réunion des foyers produits par chacun des points de cet objet, ce qu'on peut simplifier dans la démonstration en ne faisant la construction que pour le sommet et la base. Ces deux points extrêmes trouvés, la position de l'objet dans l'image sera déterminée, puisque les foyers de tous les points intermédiaires viendront se ranger entre eux.

Il peut se présenter deux cas : ou bien l'objet se trouve au delà du foyer principal par rapport à la lentille, ou en deçà. Supposons d'abord que l'objet AB se trouve au delà du foyer principal C (fig. 20) ; représentons par O le centre optique ; tirons les axes secondaires AO et BO. D'après ce que nous venons de voir, le foyer du point A doit se trouver sur un certain point de l'axe AO et celui de B en un certain point de BO. Menons maintenant les rayons incidents AD et BF, parallèles à l'axe principal. Ces rayons se réfracteront de manière à passer par le second foyer principal C' et iront couper les axes secondaires respectivement aux points A' et B'. Au point A' se formera l'image de A, et en B', celle de B. On démontrerait de la même manière que tous les points compris entre A et B viennent former des foyers entre A' et B' où nous aurons donc l'image complète de l'objet A B. Cette image est renversée et réelle. — Si nous nous reportons à ce qui a été dit des foyers, nous remarquerons que

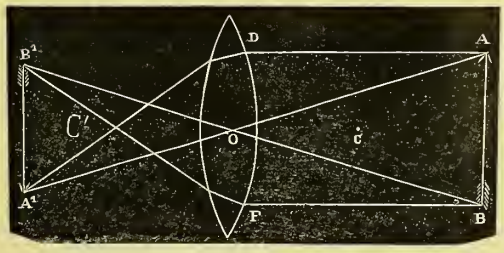


Fig. 20

plus l'objet est au delà du foyer principal, plus les rayons émanants de chaque point de l'objet se rapprochent du parallélisme, et plus l'image d'un objet, même grand, est petite et rapprochée du foyer principal (1). Par contre, si l'objet est très rapproché de ce foyer, son image ira se former à une certaine distance et sera très amplifiée (2).

Supposons, en second lieu, que l'objet AB soit situé entre la lentille et son foyer principal.

Menons les axes secondaires AO et BO et les rayons incidents AD et BE (fig 21).

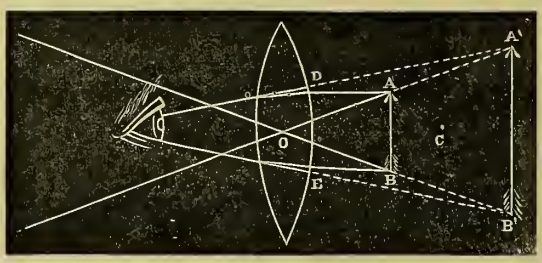


Fig. 21

Ces rayons, après s'être réfractés, sortent de la lentille en s'écartant de plus en plus des axes secondaires, mais leurs prolongements en arrière coupant ces mêmes axes aux points A' et B' y forment l'image virtuelle des points A et B ; tous les autres rayons partis de l'objet AB venant former des foyers entre A' et B', nous aurons là une image virtuelle droite et amplifiée de l'objet AB qui sera perçue par l'œil placé dans la direction des rayons. C'est là le principe des loupes ou microscopes simples les plus employés.

Détermination des foyers dans les lentilles. — B. Série concave.

Formation des foyers. — Prenons la lentille biconcave comme type. Dans toutes les lentilles de cette série il ne se forme que des foyers virtuels, quelle que soit la position du point lumineux, celui-ci supposé comme réel.

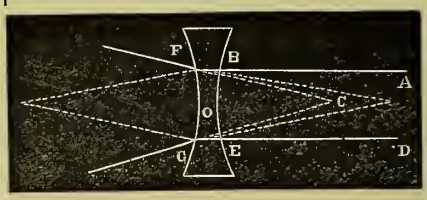


Fig. 22.

Dans la figure 22 ci-contre, les rayons parallèles AB et DE viennent frapper la lentille O.

Tirons les normales aux points d'incidence B et E ; dans l'intérieur de la lentille les rayons s'en rapprochent en divergeant ; tirons les normales à leurs points de sortie F et G, ils s'en écartent en divergeant encore et ne forment donc pas de foyer réel, mais leurs prolongements viennent produire en C le foyer principal qui, en même temps, est virtuel.

Si les rayons incidents provenaient d'un point situé sur l'axe prin-

(1) Principe de la chambre noire.
(2) Principe des appareils à projection.

cipal, on comprend que ces rayons, déjà divergents à leur entrée, le deviendraient encore plus et formeraient des foyers virtuels situés entre le foyer principal et la lentille.

Construction des images. — Les lentilles concaves n'ayant que des foyers virtuels, ne pourront non plus donner lieu qu'à des images virtuelles.

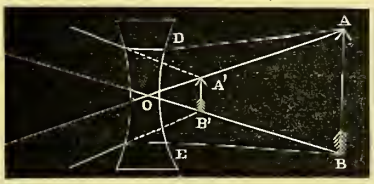


Fig. 23.

Soit un objet AB (fig. 23), placé devant la lentille O ; menons les axes secondaires AO et BO, tirons les rayons incidents AD et BE et menons les normales ; les rayons s'en rapprochent en divergeant, à leur sortie ils s'en écartent en divergeant davantage, mais leurs prolongements viennent couper les axes secondaires en A' et B', de même les divers points situés entre A et B viennent se grouper entre A' et B' où se formera donc une image virtuelle et droite de AB qui sera plus petite que l'objet. Ceci a lieu quelle que soit la distance de l'objet à la lentille.

Aberration de sphéricité.

Toute lentille peut être considérée comme formée d'un système de prismes ou de morceaux de prismes (plans tangents à la lentille) et devenant d'un angle de plus en plus grand. Il en résulte donc une déviation de plus en plus considérable à mesure qu'on se rapproche des bords de la lentille.

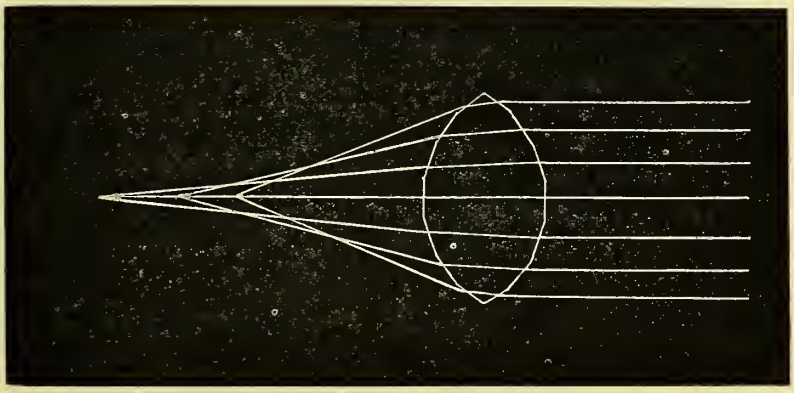


Fig. 24.

Ce mode d'explication est identique à celui que nous avons donné

page 3 pour les miroirs sphériques et cette déviation inégale des diverses parties de la lentille reçoit le nom d'*Aberration de sphéricité.*

L'aberration de sphéricité est un défaut grave, que par des combinaisons diverses, l'opticien tâche de faire disparaître autant que possible.

Nous allons, outre la figure théorique (fig. 24) que nous donnons ci-devant, en donner encore une pour mieux faire comprendre l'effet dont il s'agit et nous exagérerons le défaut pour mieux le faire comprendre.

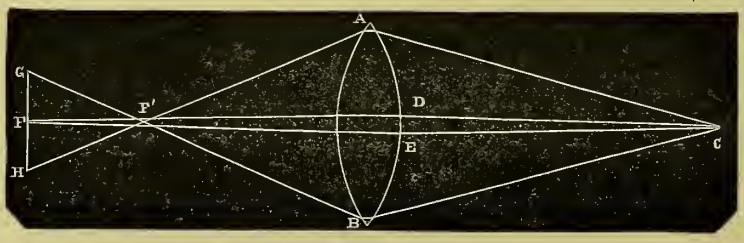


Fig. 25.

Soit une lentille A B et un point lumineux C; menons de ce point des rayons CA et CB qui viennent presque effleurer les bords et d'autres CD et CE qui sont très rapprochés de l'axe principal (fig. 25).

Faisant traverser la lentille par les rayons, nous trouvons que CD et CE forment leur foyer en F, tandis que AC et CB le forment en F', situé en avant de F.

Si du point C on mène encore d'autres rayons entre les rayons extrêmes figurés, on trouvera qu'il ont leurs foyers entre F' et F. La distance F'F sera l'aberration longitudinale et GH l'aberration latérale de sphéricité de la lentille AB. La conséquence de ceci est qu'au lieu d'avoir en F un point lumineux unique, foyer de C, nous aurons un centre lumineux qui sera F, entouré d'une auréole décroissante ayant pour plus grand diamètre GH, et GF'H pour angle d'ouverture. Tout objet mis à la place de point C présenterait également à l'œil une image centrale entourée d'un second contour vague provenant de l'aberration de sphéricité.

On conçoit que ceci doive être gênant pour l'observateur, aussi s'est-on appliqué à faire disparaître ce défaut, d'abord en munissant les lentilles de diaphragmes, c'est-à-dire de rondelles en carton ou en cuivre noirci, qui en couvrent les bords et ne laissent pénétrer les rayons que dans le milieu. Les diaphragmes ajoutent beaucoup à la netteté des images produites et y ajoutent d'autant plus que leur ouverture est plus petite, mais alors il se présente un autre inconvénient, c'est que, plus cette ouverture est petite, moins il passe de rayons lumineux, donc il faut que l'objet soit fortement éclairé pour obtenir une image suffisamment intense.

Dans les instruments d'optique où les diaphragmes sont employés, on en a ordinairement de plusieurs ouvertures suivant le degré d'éclairage dont on dispose et aussi suivant les objets.

On a encore considérablement amoindri et quelquefois détruit même l'aberration de sphéricité en faisant usage de séries de lentilles au lieu de lentilles uniques. C'est alors à l'opticien à les combiner de manière que leurs aberrations de sphéricité réagissent l'une contre l'autre et se détruisent en tout ou en partie.

Aberration de réfrangibilité. — Achromatisme.

La lumière qui nous éclaire, qu'elle provienne du soleil ou d'une lampe est blanche.

Quand nous voyons les objets sans l'intermédiaire de lentilles, cette lumière nous paraît simple et homogène. Il n'en est plus de même quand on interpose entre ces objets et l'œil un prisme ou une lentille.

La lumière alors n'est pas seulement réfractée, mais encore décomposée en ses éléments qui sont le violet, l'indigo, le bleu, le vert, le jaune, l'orangé et le rouge. Toutes ces couleurs, formant le spectre solaire, sont inégalement réfrangibles ; nous les avons énoncées dans leur ordre de réfrangibilité. Leurs indices, dans un verre peu réfringent et peu dispersant, diffèrent depuis 1,5466, indice des rayons violets jusqu'à 1,5258, indice des rayons rouges, tandis que, dans des verres fortement réfringents et dispersants, ou encore plus, dans certains liquides, cette différence d'indice peut s'élever au triple et même au quadruple.

De ce que la lumière blanche se décompose dans les lentilles (phénomène appelé *dispersion*) en même temps qu'elle se réfracte, il s'ensuit que les rayons ne vont pas tous concourir en un point unique des axes secondaires, auxquels ils sont parallèles, pour y former un foyer.

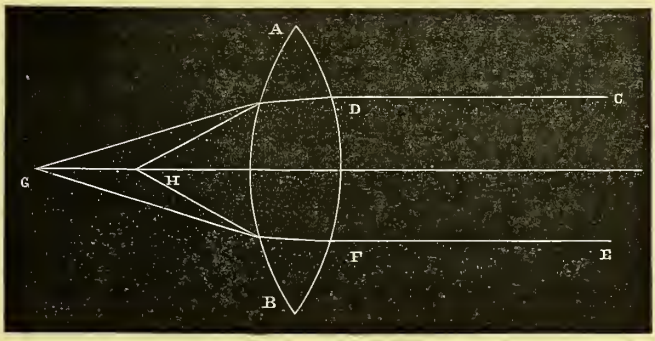


Fig. 26.

Soit, par exemple, la lentille biconvexe AB (fig. 26) frappée par deux rayons parallèles CD et EF. Ces rayons se décomposent dans la lentille en même temps qu'ils se réfractent, et à leur sortie chacune des couleurs, dont la lumière blanche est composée, formera son foyer spécial. Ces foyers seront compris entre G, foyer

des rayons rouges, les moins réfringents et H, foyer des rayons violets, les plus réfringents. La distance HG est *l'aberration chromatique.*

Si maintenant, à travers une pareille lentille, on regarde des objets, on remarquera que leurs contours ne sont pas nettement prononcés et qu'ils sont colorés de toutes les couleurs du spectre, ce qui est, on le conçoit, un grand inconvénient, sensible surtout dans les lentilles convexes.

On a cru longtemps qu'il serait impossible de remédier à ce défaut, mais en 1757 un opticien anglais, Dollond, montra que l'aberration de réfrangibilité était pour ainsi dire nulle par l'emploi d'un système de deux lentilles de composition différente juxtaposées.

Pour comprendre l'effet ainsi obtenu, il faut savoir que le verre ordinairement employé pour les lentilles est du crown-glass (silicate de potasse et de chaux).

Il existe une autre composition de verre, appelée flint-glass, qui est du silicate de potasse et de plomb, très-riche en oxyde de plomb.

Le flint a un indice de réfraction d'à peu près 1.63 et un pouvoir dispersif 0,059 plus grand que le crown où ces chiffres ne sont que 1.52 et 0.036.

Pendant bien longtemps l'on n'a possédé qu'une espèce de crown et qu'une espèce de flint et l'achromatisation des objectifs était donc fort incomplète. Il n'y avait que le rayon rouge et le rayon bleu qui fussent ramenés ensemble.

Des recherches, faites surtout en France et en Angleterre, permirent d'augmenter le nombre primitif des verres et par suite de perfectionner la construction des objectifs.

Mais le nombre de ces verres était encore bien restreint et absolument insuffisant pour répondre à tous les besoins de l'optique.

C'est alors que Monsieur le prof. Abbe, d'Iéna, s'entendit avec un habile chimiste spécialiste, M. le Dr Schott, et des recherches, comprenant tous les corps simples capables de donner des combinaisons vitreuses, furent faites systématiquement.

Ces recherches, qui absorbèrent des sommes considérables, eurent les plus heureux résultats et dès 1886 la firme Schott et Cie (Drs Schott, Abbe et Zeiss) purent mettre en vente près de 70 verres différents dont plusieurs sont des combinaisons vitreuses n'ayant du verre que l'aspect, car ils ne renferment pas de silice. Le Silicium est remplacé par du Bore dans toute une série de Flints, par le Phosphore dans une série de Crowns.

Les nouveaux verres, vulgairement nommés « *verres de Schott* » ou « *verres d'Iéna*, » sont employés aujourd'hui par les opticiens du monde entier.

Le Prof. Abbe a, en outre, introduit dans la construction des objectifs diverses substances naturelles que l'art n'a pu encore imiter. Tel est, par exemple, le fluorure de calcium naturel ou « *Fluorite* » des minéralogistes. L'indice de réfraction de cette substance n'est que 1.434, soit donc notablement inférieur à tous les verres que l'on est parvenu à fabriquer et la dispersion n'en est même qu'à moitié aussi grande.

Si donc, on fait une lentille convexe de crown, on comprend qu'on puisse calculer pour une lentille de flint concave une distance focale telle qu'appliquée sur la lentille convexe, elle recompose la lumière blanche dispersée dans cette dernière, tout en n'altérant pas ses propriétés convergentes. Une lentille ainsi corrigée est dite «*achromatique*».

En physique, on démontre l'achromatisme au moyen de deux prismes, l'un en flint, l'autre en crown. Ces prismes, pour avoir le même pouvoir dispersif, devront avoir des angles inégaux, puisque à angles égaux le flint est plus réfringent et plus dispersif ; en faisant arriver un rayon de lumière blanche sur le prisme de flint et le recevant dispersé sur le prisme en crown, il s'y réfractera en reconstituant la lumière blanche.

L'achromatisme est une des parties les plus délicates de l'optique, c'est une condition essentielle pour les lentilles d'un bon microscope. Quoiqu'on puisse juxtaposer librement les lentilles qui doivent mutuellement s'achromatiser, les opticiens préfèrent les coller ensemble avec du baume de Canada, qui empêche la poussière d'y pénétrer et les réunit dans un seul système achromatique.

Microscope simple.

Le microscope simple, le plus employé, est la loupe ou lentille biconvexe ou plano-convexe, pour la théorie très simple de laquelle nous renvoyons à ce que nous avons dit de la construction des images dans ces lentilles.

Mais les défauts, aberration de sphéricité et de réfrangibilité, très prononcés dans ce microscope, ont bientôt été reconnus par les hommes de science qui l'employaient ; ces derniers le délaissèrent pour les forts grossissements et cherchèrent un instrument plus parfait et qui répondît mieux à leurs besoins. C'est alors que Wollaston inventa le doublet. Cet instrument est, comme son nom l'indique, composé de deux lentilles qui agissent comme une seule.

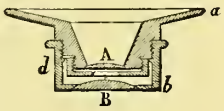


Fig. 27.

Ces deux verres sont plano-convexes, enchâssés dans une seule monture et séparés par un diaphragme.

La convexité de chacun d'eux est tournée vers l'œil et la plus grande lentille est du côté de l'objet.

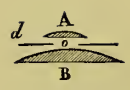


Fig. 28.

Le principal avantage que présentent les doublets, en dehors de l'achromatisme et de la diminution de l'aberration de sphéricité par l'emploi du diaphragme, est que, comme on emploie deux verres, on peut augmenter la distance focale de l'inférieur, de manière à éloigner davantage de l'objet, ce qui est très important dans les dissections microscopiques, où l'on doit avoir, entre la lentille et l'objet que l'on dissèque, assez de place pour mettre les mains et manier les instruments de dissection.

Les doublets les plus employés grossissent de 5 à 100 fois.

Microscope composé.

Le microscope composé, réduit à sa plus simple expression, se compose de deux verres enchâssés dans un tube ; l'un, que l'on appelle *objectif*, est tourné vers l'objet et l'autre, *l'oculaire*, vers l'observateur.

Soit un microscope (fig. 29 ci-contre) composé de l'objectif AA' et de l'oculaire BB' et supposons qu'on veuille voir un objet CD. Quelle sera la marche des rayons lumineux ?

D'abord, l'objet CD est placé un peu au delà du foyer principal de la lentille AA'.

Menons les axes secondaires aux points C et D. D'après les règles de la réfraction, il se formera en C'D' une image agrandie, réelle et renversée de l'objet CD. Si maintenant nous calculons la distance entre l'oculaire et l'objectif de manière que l'image C'D' vienne se former entre la lentille BB' et son foyer principal, les rayons envoyés par cette image se réfracteront encore dans BB' et iront former en C''D'' une image virtuelle, agrandie et droite par rapport à l'image, renversée par rapport à l'objet.

Celui-ci est donc amplifié deux fois. Toutefois il ne suffit pas que l'image réelle C'D' se forme en un point quelconque entre l'oculaire et son foyer principal, il faut qu'elle se forme en un point tel qu'agrandie et rendue virtuelle, elle se trouve à la distance de la vue distincte de l'observateur. Cette distance varie selon les individus. Elle est d'environ 25 centimètres, un peu plus pour les presbytes, moins pour les myopes. On doit donc pouvoir mouvoir, soit l'oculaire seul, soit le microscope entier, pour arriver à modifier la position de l'image, suivant l'état des yeux de l'observateur.

Les microscopes ordinairement employés ne sont pas aussi simples

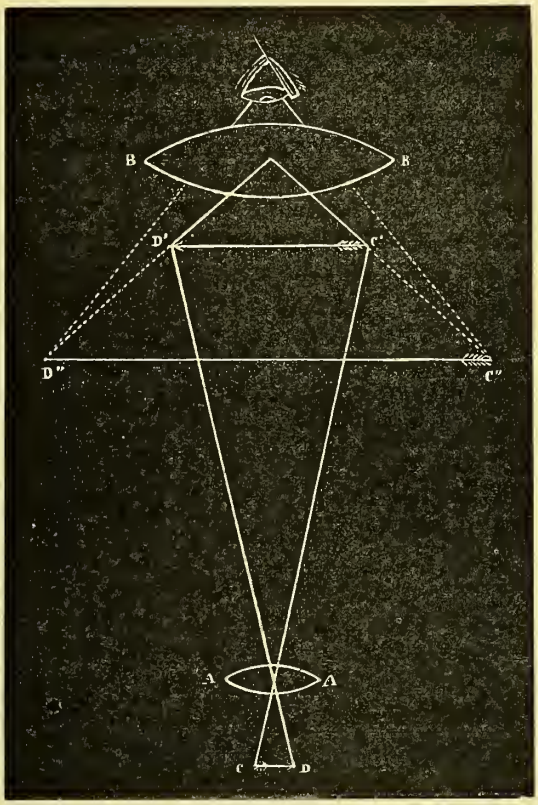


Fig. 29

que celui que nous venons de décrire. D'abord, l'objectif est formé le plus souvent de plusieurs lentilles dont les effets s'ajoutent, ce qui permet de rendre plus grande leur distance à l'objet et de leur donner encore d'autres qualités très utiles. Ensuite on interpose entre l'objectif et l'oculaire une lentille appelée verre de champ qui constitue un perfectionnement important.

D'abord elle suffit à elle seule pour achromatiser les rayons dispersés par l'objectif, ensuite elle recueille tous ces rayons et les ramène vers le centre de l'oculaire, ce qui diminue l'aberration de sphéricité.

Le microscope composé ordinaire est donc disposé comme suit : les rayons partant de l'objectif sont recueillis par le verre de champ, et forment vers le milieu du tube oculaire une première image réelle, amplifiée et renversée. Cette image s'agrandit encore par son passage à travers la lentille oculaire, arrive à l'œil de l'observateur et est renvoyée de façon a former une image virtuelle à une certaine distance au dessus de l'objectif.

Tout ce système est mobile et se déplace par rapport à l'objet, pour ramener l'image formée à la vue distincte.

Le deuxième agrandissement n'ajoute aucun détail à l'image et l'obscurcit considérablement si l'oculaire a un fort pouvoir amplifiant. Dans la construction des microscopes, on doit donc s'appliquer à former les plus forts grossissements par l'objectif et à n'employer que des oculaires moyens, d'autant plus qu'on peut toujours éclairer l'objet fortement, tandis que pour l'image cela est impossible.

CHAPITRE II.

LA THÉORIE DE LA

VISION MICROSCOPIQUE

DE M. LE PROF. E. ABBE

ET SES

CONSÉQUENCES AU POINT DE VUE DE LA MICROGRAPHIE PRATIQUE(1)

Jusqu'ici nous avons parlé de la lumière qui émane d'un corps comme si la théorie de Newton était encore admise, c'est à dire, comme si l'on croyait encore qu'un faisceau lumineux est composé de véritables rayons physiques et que la rencontre de pareils rayons, en un point donné, produit constamment une lumière dont l'intensité est proportionnelle à la quantité des rayons.

Mais, on sait, depuis longtemps, que cette idée n'est plus soutenable. Les faits que nous connaissons par les études de Grimaldi, de Hooke, de Young, de Fresnel et de maints autres savants, ont fait prévaloir une autre conception de la nature de la lumière, à savoir (ce qui est l'hypothèse de Huyghens et de Fresnel) que le rayonnement de la lumière est produit par un mouvement ondulatoire de l'Ether. Dans des corps homogènes, tels que

---

(1) La théorie de M. le Prof. Abbe, sur la vision microscopique, qui est résumée dans ce chapitre, a été publiée pour la 1re fois en 1873. Ce sont les applications à la pratique de cette théorie, qui ont mené la construction du microscope dans la voie actuelle et qui ont permis de réaliser en quelques années des progrès que l'on ne pouvait guère espérer.

Nous ajouterons que nous avons recueilli les principaux éléments de ce chapitre dans nos conversations et notre correspondance avec le savant professeur et avec son habile assistant M. le Dr S. Czapski. M. le Prof. Abbe a bien voulu nous autoriser à déclarer que les pages suivantes renferment l'expression fidèle de ses idées sur la vision microscopique.

l'air, l'eau, le verre, ces ondes sont sphériques. Les rayons lumineux n'ont pas d'existence réelle, en tant que lignes droites physiques. *Il ne se produit que des cônes plus ou moins étroits* (aigüs, si l'on préfère ce mot) *d'ondes lumineuses*, lorsqu'on interrompt le développement d'un semblable système d'ondes par un écran percé d'ouvertures. On peut cependant aussi, dans le cas d'un cône très ouvert, concevoir les rayons lumineux comme une abstraction mathématique, c'est-à-dire comme les *normales* aux surfaces des ondes.

Mais, on peut considérer chaque point d'une surface d'onde comme étant lui même, à son tour, le centre d'un mouvement ondulatoire, de sorte que l'effet d'une onde lumineuse, entière ou plus ou moins limitée, est constamment composée de la somme des effets de toutes les parties de l'onde, conformément aux principes d'interférence.

Tous les points d'une même surface d'onde *oscillent dans le même temps et de la même façon* ; ils se distinguent par là des centres lumineux *indépendants* qui sont répartis sur une surface et dont les phases sont entièrement indépendantes les unes des autres.

Essayons de faire mieux comprendre ce que nous venons de dire en appliquant à un cas spécial les données précédentes.

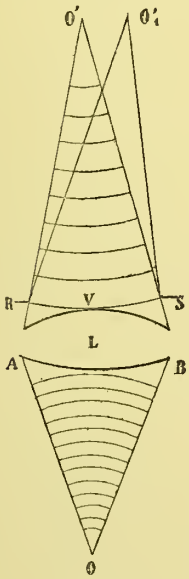


Fig. 30

Si, en O (fig. 30), nous avons un point lumineux par lui-même et que, dans son voisinage, nous ayions un système de lentilles L, il est d'abord clair que nous n'avons à considérer que cette partie des ondes lumineuses, émanant de O, qui est renfermée dans le cône OAB, c'est à dire celle qui a pour base la première surface de lentilles, et pour sommet le point lumineux O lui-même.

Si le système de lentilles en question a la propriété de concentrer en un nouveau point le mouvement lumineux qui émane de O, alors, dans la théorie des ondulations, on dit que le système de lentilles transforme les ondes sphériques émanant de O et concentriques à ce point O, en d'autres ondes sphériques dont le centre commun est un point O' vers lequel elles se *contractent* (on convergent suivant l'expression habituelle) si c'est un foyer *réel* ; ou duquel elles semblent sortir si c'est un foyer *virtuel*.

Admettons maintenant le cas de convergence dont nous venons de parler, et voyons si dans de telles conditions un point O est réellement reproduit en un point O'. Voyons en outre de quoi dépend la dimension plus ou moins grande de ce point. Une légère réflexion fait voir que si l'on considère l'une quelconque des ondes qui se contractent vers O' ; (par exemple RVS,

dont le sommet touche la surface postérieure de la lentille), alors les ondes élémentaires (que l'on peut se représenter d'après Fresnel et Huyghens comme émanant des différents points de celle-ci,) ces ondes élémentaires, disons nous, arrivent toutes au point O', et exactement dans la même phase, c'est-à-dire dans le même état ondulatoire.

En effet, les chemins parcourus par les ondes élémentaires, à partir de chacun des points de l'onde sphérique vers le centre de celle-ci, sont tous égaux, parce qu'ils sont les rayons d'une sphère.

Il est donc évident que les effets de toutes ces ondes doivent s'ajouter au point O' et que c'est en ce point que se produit l'effet lumineux *le plus intense possible.*

Toutefois l'effet n'est pas absolument nul dans un point voisin de O'. Par conséquent dans un point pareil (O'_1) les chemins parcourus par les ondes élémentaires ne sont pas égaux, ces ondes y arrivent donc dans des phases un peu différentes et il est donc impossible que l'effet lumineux en O'_1 soit aussi fort qu'en O'.

Mais, ce ne sera qu'à une certaine distance de O' que la différence des phases sera suffisamment grande pour que les ondes *se détruisent* mutuellement et que, par suite, il se produise de l'obscurité. Jusqu'à cette distance la luminosité diminuera graduellement.

Il résulte de la considération précédente que l'image d'un point O', produite par un système quelconque de lentilles, ne peut jamais être un point mais sera toujours un *disque* dont la luminosité décroit graduellement du centre vers les bords.

En continuant notre étude, dans cet ordre d'idées, nous verrions qu'il doit y avoir constamment une seconde distance de O', jusqu'à laquelle l'action lumineuse des ondes élémentaires devient de nouveau croissante, par conséquent : qu'il doit se produire autour du disque lumineux en question, d'abord un *anneau sombre*, puis un autre *anneau lumineux* et que ce phénomène doit se répéter plusieurs fois.

Mais, la luminosité du premier anneau, et, plus encore, celle des anneaux plus éloignés, est tellement minime, relativement à celle du centre du disque, que l'on ne doit en tenir compte que dans de très rares circonstances.

Nous serions donc en état de nous rendre exactement compte des circonstances d'où dépendent la *grandeur* du petit disque, qui forme l'image d'un point, c'est-à-dire, des circonstances qui déterminent le pouvoir résolvant d'un système de lentilles.

Mais il est peu utile de poursuivre davantage, ici, ces considérations, qui sont très importantes pour la théorie des instruments astronomiques et qui ont été étudiées également par Helmholtz, de la manière indiquée plus haut, au point de vue du microscope.

En effet, contrairement à ce qui a lieu pour les objets célestes,

ceux qui font le sujet des études microscopiques, ne sont pas, au moins en majeure partie, lumineux par eux-mêmes. Ils ne sont donc pas des points de départ indépendants pour des ondes sphériques ainsi que nous l'avons admis plus haut.

Les objets étudiés au microscope sont plutôt éclairés indirectement par une autre source de lumière, à l'aide de miroirs ou de lentilles et l'éclairage se fait généralement par *transparence*.

Cette circonstance transforme complètement les conditions de formation de leur image.

Voyons donc maintenant comment se produit l'image dans ces nouvelles conditions.

Si vis à vis de la lentille L (fig. 31) il y a un point O qui ne soit pas lumineux par lui même, mais qui transmette seulement les rayons émis par la source lumineuse inférieure M, alors il sera impossible d'obtenir, par la réunion géométrique de ces rayons, une image qui corresponde à l'image physique.

La cause de cette impossibilité est que le point essentiel dont dépend la concentration en O n'est pas réalisé, et ce point essentiel est l'identité des vibrations se propageant également dans toutes les directions.

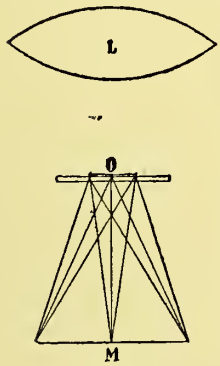


Fig. 31

Comment donc peut-il se former une image d'un objet composé de points non lumineux par eux-mêmes ? C'est ce que nous allons examiner.

Soit (fig. 32) un objet O formé d'éléments transparents et non transparents juxtaposés. Chacun des points de la source lumineuse M projette une onde sphérique qui vient frapper l'objet et la théorie ondulatoire de la lumière nous apprend qu'il se forme alors des ondulations secondaires qui émanent de tous les points transparents de l'objet. Ces ondulations partent des différents points avec des phases égales ou qui ne diffèrent que par les petites inégalités des chemins parcourus de M à O, à O_1 et à O_2.

Ces ondulations secondaires diffèrent donc des ondulations primaires, sortant des différents points d'un objet lumineux, par le fait qu'elles sont capables d'interférer entr'elles, ce qui n'est pas le cas pour les ondes émanant des différents points d'un objet lumineux par lui-même.

Immédiatement derrière l'objet ces ondulations secondaires produisent des interférences qui augmentent l'intensité lumineuse dans certaines directions, et la diminuent, ou même l'annihilent dans d'autres directions.

Ces effets d'interférence sont désignés sous le nom de *diffraction de l'objet.*

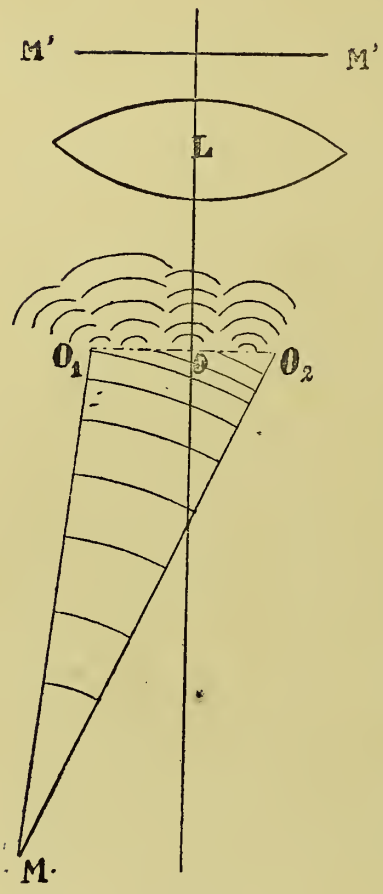


Fig. 32

Le caractère de cette diffraction dépend entièrement de la constitution de l'objet, c'est-à-dire de la grandeur, de la forme, de la substance et de l'arrangement des éléments qui le composent.

Or, comme l'objectif ne reçoit aucune autre lumière que le mouvement oscillatoire qui est produit par la diffraction de l'objet, il en résulte que tout ce qui apparait dans le microscope doit dépendre de cette lumière diffractée, et, en conséquence, *l'objet lui même n'a d'autre influence sur l'image que par la diffraction qu'il a produit.*

Les effets de diffraction s'observent d'une manière caractéristique lorsqu'on examine un objet à structure *régulière*, p. ex. des stries ou des éléments équidistants arrangés soit en séries rectangulaires, soit en séries se croisant sous un angle quelconque. Dans tous ces cas la lumière est diffractée de façon à ce qu'il en résulte une série de maxima et de minima *isolés,* disposés soit en éventail, soit en faisceau (fig. 33).

L'objectif projette ces maxima et ces minima divergents, émis par l'objet, dans M' le *plan focal* conjugué du plan *de la source lumineuse M.* Ces maxima et ces minima peuvent s'observer en enlevant l'oculaire et en regardant dans le tube du microscope ; on voit alors une section transversale de leurs divers faisceaux.

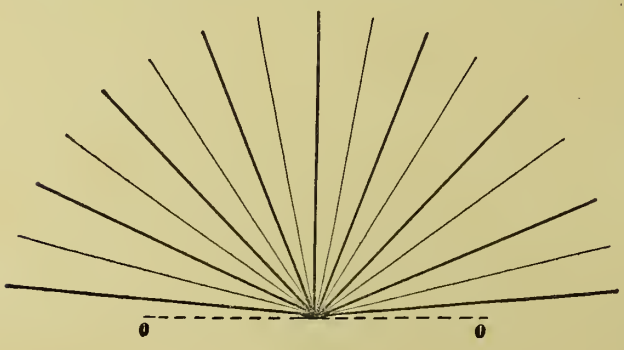


Fig. 33

L'effet lumineux produit par les ondulations dont il a été parlé plus haut et transmises par l'objectif au plan

conjugué à l'objet *c'est l'image de l'objet.* Cette image peut être construite mathématiquement en concordance avec les vues théoriques de l'optique ondulatoire, comme effet d'interférence.

Nous n'avons considéré jusqu'ici que l'effet que produit un point lumineux isolé émettant de la lumière monochromatique. Il nous reste encore à examiner, d'abord, l'effet de la lumière blanche ou composée et ensuite l'action d'une source lumineuse étendue ou composée de points nombreux. Prenons d'abord le premier de ces points.

On sait que la longueur d'onde diffère pour chacune des couleurs du spectre. Il en résulte que l'effet de la diffraction, produit par le même objet, pour ces diverses couleurs, diffère simplement par l'écartement plus ou moins considérable des maxima et des minima correspondants. Cette différence, dans le spectre de diffraction, est compensée, dans la formation de l'image produite par les interférences, par la différence de la longueur d'onde. Et, cela, de telle façon que le résultat final est le même pour toutes les couleurs et, que par suite, l'image même peut-être tout-à-fait achromatique.

Venons en maintenant au second des points encore à examiner.

Toute source lumineuse étendue peut être considérée comme formée d'une série de points isolés qui agissent indépendamment l'un de l'autre, et, en conséquence, le résultat final est une *superposition* des

---

(1) Quelques détails complémentaires feront mieux comprendre ce que nous venons d'énoncer.

L'image de diffraction (c'est à dire la section des faisceaux diffractés derrière l'objectif) est, dans ses dimensions, simplement proportionnelle aux longueurs d'ondes.

Si, par exemple, l'objet consiste en un simple réseau de lignes, alors on voit, derrière l'objectif, des maxima isolés, et, par suite de la différence dans les longueurs d'ondes, ceux de couleur rouge sont plus distants entr'eux et du milieu du champ que ceux de couleur bleue ; c'est pourquoi le chemin, que le bleu du spectre 1 a à parcourir jusqu'au point de l'image O', est plus court que le chemin du spectre rouge 1 jusqu'au même point. Et, cela, d'une quantité telle, que sur chacun de ces chemins, il se produise un même *nombre* d'ondes de chaque espèce de lumière, de sorte que toutes les deux arrivent au point O' dans le même temps et avec la même phase. Il en est de même des autres spectres. Si donc, l'interférence de tous les spectres rouges produit en O' un point lumineux rouge, alors tous les spectres bleus forment également un point lumineux bleu, et ainsi de suite. Par contre, si toutes les ondes rouges se détruisent mutuellement par interférence, alors il en est de même des ondes bleues, vertes etc

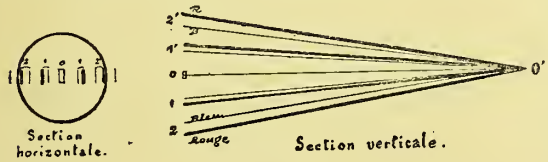


Fig. 34 et 35.

images élémentaires produites par ces divers points lumineux et de la façon qu'il a été dit plus haut.

Nous venons de passer en revue l'énoncé des points de la théorie de M. le Prof. Abbe, il nous reste maintenant à examiner les principales conséquences qui résultent de cette théorie.

CONSÉQUENCES GÉNÉRALES.

1. L'image d'un objet n'en *est pas* une projection géométrique, qui le reproduise point par point, comme cela serait le cas si l'image se formait, d'après les lois de l'optique géométrique, par la réunion des faisceaux lumineux qui divergent des différents points de l'objet.

L'image n'a de rapport avec l'objet *que par* cette partie des rayons diffractés qui pénètrent dans l'objectif. Il en résulte qu'il n'existe pas de similitude absolue entre l'objet et son image, car cette similitude dépend de conditions spéciales, dont nous parlerons plus loin, et, lorsque ces conditions ne sont pas remplies, tous les degrés de dissemblance peuvent se produire.

Un même objet donne toujours *différentes* images, si ce sont différentes parties du faisceau diffracté qui sont entrées dans l'objectif du microscope.

Des objets différents peuvent donner des images *identiques* lorsqu'il ne pénètre dans l'objectif que les parties de leur spectre de diffraction qui sont identiques dans chacun d'eux, tandis que les parties non concordantes de leur spectre sont exclues, p. ex., par des diaphragmes placés derrière l'objectif.

Ces deux assertions qui ont été émises pour la première fois dans le travail du Dr Abbe, publié en 1873, sont mises en évidence à l'aide des expériences faites avec les réseaux. (1)

2. L'analyse mathématique, en se basant sur la théorie des ondulations, détermine les conditions de ressemblance et de dissemblance entre l'image et l'objet et les énonce comme suit :

a. L'image est *toujours exactement semblable* à l'objet, comme si c'en était une projection géométrique point par point, lorsque *tout le pinceau diffracté* (que produit l'objet par les rayons qui le traversent)

(1) Nous donnons, dans le chapitre suivant, la traduction d'un article où ces expériences sont décrites au long par M. J. W. Stephenson d'après M. le Prof. Abbe. Nous empruntons cette traduction à l'excellent « *Journal de micrographie* » du Dr Pelletan, où on la trouvera : année 1878 pages 73 et suivantes ; toutefois, nous avons dû apporter à l'article susdit des modifications par suite de dispositions nouvelles imaginées par M. le prof. Abbe et qui n'ont pas été publiées jusqu'ici.

pénètre dans l'objectif du microscope et que, par suite, aucune partie d'une intensité sensible de ce pinceau ne se perd.

b. Lorsque, par contre, la totalité de la lumière diffractée *n'est pas absorbée* par l'objectif, alors l'image diffère d'autant plus d'une projection géométrique, que la partie *perdue* du faisceau diffracté est plus considérable. C'est-à-dire que, *plus* il y a de rayons diffractés exclus et plus l'intensité de ces rayons exclus est grande, plus l'image différera d'une projection de l'objet.

Dans ce dernier cas l'image microscopique apparait comme une image exacte *d'un autre objet* (soit existant réellement, soit pouvant être réalisé artificiellement) qui serait constitué de telle façon que son spectre de diffraction *complet* serait identique à cette *partie* du spectre de l'objet observé, qui seule est entrée dans l'objectif.

3. Des deux énoncés précédents résultent d'autres conséquences relativement au mode d'action du microscope, lorsque l'on tient compte de ce que l'on peut déduire de l'optique, sur la façon dont se diffractent des objets différents.

Plus les dimensions des éléments dont un objet est composé sont grandes, plus l'espace angulaire, sur lequel l'effet diffractant de cet objet s'étend, est petit. Plus les éléments deviennent petits, plus devient grande l'étendue angulaire du spectre de diffraction.

Si les dimensions des éléments sont de grands multiples de longueurs d'onde de la lumière, alors l'intensité de la lumière diffractée disparait à une très petite distance angulaire du faisceau incident.

Par suite, de chaque rayon incident il ne provient qu'un faisceau diffracté étroit dont l'amplitude angulaire n'est que de quelques degrés, ou même une fraction de degré seulement.

Si, au contraire, les dimensions des éléments ou de quelques uns des éléments d'un objet sont de très petits multiples d'une longueur d'onde, ou sont même plus petits que celle-ci, alors la lumière diffractée, d'une intensité notable, ou même considérable, s'étend à une très grande distance de chaque rayon incident.

Comme la longueur d'onde, d'une lumière de même couleur, pénétrant dans différents milieux (mediums), est inversement proportionnelle aux indices de réfraction de ces milieux, il en résulte qu'un seul et même objet fournit, dans un milieu dense, comme par ex. le verre ou l'huile, un spectre de diffraction proportionnellement moins étendu que dans un milieu de faible densité (comme p. ex. dans l'air).

Lorsqu'il s'agit d'objets composés d'éléments très petits, comme p. ex. les diatomées à fine striation, alors le spectre de diffraction *total* ne peut se produire que dans un milieu ayant un très grand indice de réfraction avec longueur d'onde diminuée proportionnellement, tandis que dans l'air et même dans l'eau, et les autres substances plus

réfringentes, une plus ou moins grande partie *centrale* du spectre de diffraction *complet* occupe déjà une étendue angulaire de 180 degrés.

Les conséquences de tout ce qui précède sont les suivantes :

Les objets dont les parties sont grandes, relativement à la longueur d'onde de la lumière, ou bien les parties d'objets dont les éléments sont considérables, produiront toujours une image qui leur sera parfaitement semblable, même, quand on emploie des objectifs à petite ouverture, et, cela, parceque les faisceaux de diffraction de très faible amplitude qu'ils produisent, peuvent toujours pénétrer complètement dans l'objectif. Avec des objets de cette espèce, qui sont relativement grossiers, l'action du microscope donne un *résultat final* qui correspond *entièrement* aux règles de l'optique géométrique, bien que les conditions physiques ne soient pas remplies.

Au contraire, avec les objets qui produisent un grand épanouissement angulaire de la lumière diffractée, *il se perd* une partie de ce faisceau diffracté et cette perte est d'autant plus grande que l'angle d'ouverture est plus petit. La partie perdue appartient, dans l'éclairage axial, à la partie périphérique du faisceau ; dans l'éclairage oblique c'est une partie excentrique qui se perd.

Plus les éléments d'un objet deviennent petits, plus grand doit être l'angle d'ouverture (calculé pour un medium donné) *nécessaire pour utiliser le spectre de diffraction total ou partiel de la structure*, et pour obtenir, par suite, une image d'une ressemblance entière ou rapprochée.

Le même angle d'ouverture, dans un milieu fortement réfringent, embrasse un spectre de diffraction plus étendu et qui correspond à la longueur d'onde plus courte du medium plus dense.

En effet, les angles d'ouverture, pour différents mediums (eu égard à l'absorption plus ou moins complète des faisceaux de diffraction), sont entr'eux comme les produits des sinus des demi-angles multipliés par les indices de réfraction des milieux pour lesquels ces angles d'ouverture sont utiles. Ils ont donc entr'eux le même rapport que les ouvertures numériques.

Par conséquent, l'ouverture numérique est la mesure du pouvoir que possède un objectif de montrer plus ou moins fidèlement les éléments d'un objet, jusqu'à une certaine petitesse donnée.

Conséquences spéciales au point de vue de la formation des images d'objets possédant une structure périodique.

Dans les objets à structure irrégulière, le spectre de diffraction s'étend irrégulièrement dans la direction de chaque rayon incident.

Au contraire, avec les objets composés d'un nombre considérable d'éléments identiques, disposés en séries régulières, le spectre prend une forme régulière et qui y correspond. Ici, chacun des rayons incidents, chaque couleur considérée en elle-même, se divise en une quantité de rayons *isolés* (maxima de lumière qui sont séparés par des intervalles obscurs) qui se disposent régulièrement autour du rayon axial.

Dans les structures périodiques simples (stries régulièrement espacées), les rayons forment un éventail plan à intensité diminuant graduellement de chaque côté jusqu'à zéro ; dans les structures périodiques doubles (à éléments disposés en treillis,) ils forment un faisceau à section en forme de croix, dans lequel les rayons isolés sont rangés en séries suivant deux directions. Relativement à la formation de l'image de pareils objets, on constate les points suivants :

1. La structure de l'objet *n'est pas* représentée (c. a. d. que les lignes ou les points («*perles*») *ne sont pas résolus*) quand il n'entre dans l'objectif *qu'un seul* des rayons du faisceau de diffraction dont il a été question plus haut. Pour obtenir l'image d'une striation, il faut qu'il entre au moins deux rayons diffractés dans l'objectif, y compris la continuation directe du rayon incident qui représente le maximum central du spectre de diffraction : il faut donc, par exemple, ce rayon direct plus un rayon diffracté.

Pour obtenir l'image d'une structure périodique double, il faut que l'objectif reçoive au moins trois rayons appartenant à différentes rangées du spectre.

2. Comme la distance angulaire des rayons successifs du spectre de diffraction, mesurée par les sinus des angles, est d'autant plus grande que les stries (ou séries d'éléments) sont plus rapprochées dans l'objet, il s'en suit que chaque grandeur d'intervalle entre les stries nécessite une grandeur correspondante de l'angle d'ouverture de l'objectif afin que celui-ci puisse recevoir deux rayons en même temps.

La grandeur de l'angle d'ouverture nécessaire pour cela diffère suivant la direction du rayon incident. C'est-à-dire, suivant que ce rayon passe par le centre de l'ouverture ou qu'il passe par le bord, comme c'est le cas dans l'éclairage oblique. Dans ce deuxième cas, le rayon diffracté, le plus rapproché, peut être deux fois aussi éloigné du rayon direct que dans l'éclairage axial. C'est là la cause pour laquelle le même objectif montre (résout) dans l'éclairage oblique des stries plus rapprochées qu'il ne peut le faire dans l'éclairage axial.

3. La détermination mathématique des rapports énumérés dans le dernier paragraphe (2) conduit à une formule numérique du pouvoir *séparateur* (pouvoir résolvant) du microscope :

Si l'on représente par α l'ouverture numérique d'un objectif, par λ

la longueur d'onde de la lumière employée dans l'observation (cette longueur d'onde étant calculée pour l'air), alors on aura pour δ, qui est la plus petite distance de ce qui est distinguable par cet objectif,

pour l'éclairage purement axial : $\delta = \frac{\lambda}{\alpha}$;

pour l'éclairage le plus oblique possible : $\delta = \frac{1}{2}\frac{\lambda}{\alpha}$.

CHAPITRE III.

Expériences a l'appui de la Théorie du docteur Abbe

sur la

VISION MICROSCOPIQUE,

PAR M. J. W. STEPHENSON. (1)

A mon avis, la théorie très importante, émise par le docteur Abbe sur la vision microscopique, n'a pas attiré ici l'attention qu'elle mérite réellement. Cette théorie avance que les images microscopiques, produites par les fins détails de certains objets, comme les Diatomées, les écailles d'Insectes ou autres analogues, ne sont pas uniquement des images dioptriques comme le simple contour des objets, mais, dans le plus grand nombre de cas, le résultat de la combinaison ou de la fusion du pinceau central avec certaines images secondaires produites par *l'interférence* des rayons de lumière en lesquels est décomposé par diffraction le rayon incident. En d'autres termes, cette théorie dit que le *seul* pinceau lumineux principal, ou central, n'est réellement pas suffisant pour peindre les fines stries, les petites ouvertures et autres délicats détails de structure ; — mais que, pour autant qu'il s'agit de résolution, deux ou plusieurs pinceaux de lumière sont toujours nécessaires pour produire l'effet désiré. Ces pinceaux peuvent contenir ou ne pas contenir le rayon principal ou dioptrique ; mais, quand ce dernier est exclu, l'image apparaît nécessairement sur un fond noir.

De plus, cette théorie soutient, que, si par une cause quelconque,

---

(1) Ce travail a été présenté par notre estimable correspondant M. J. W. Stephenson, F. R. M. S., à la société royale de microscopie de Londres en Janvier 1877. Nous en empruntons la traduction à l'excellent « *Journal de micrographie* » du Dr J. Pelletan — année 1878 p. 70 et suivantes,— mais en y apportant, comme nous l'avons déjà dit plus haut, les modifications nécessitées par des dispositions nouvelles de M. le Prof. Abbe.

soit en raison des angles formés par l'intersection des stries ou du rapprochement de ces stries elles-mêmes, soit en raison de l'ouverture de l'objectif ; soit encore par l'emploi de moyens artificiels, les images de diffraction, telles qu'on les voit dans le tube du microscope, sont rendues semblables, les images microscopiques sont elles-mêmes identiques.

Les images de diffraction d'un objet qui porte des lignes, au foyer sur la platine du microscope, peuvent être aisément observées en enlevant l'oculaire et en regardant directement dans le tube de l'instrument. Dans ce cas, avec la lumière centrale, et les lignes de l'objet étant parallèles, les spectres colorés sont distinctement visibles, disposés de chaque côté à angle droit avec la direction des stries, les rayons les plus réfrangibles étant les plus rapprochés du pinceau central. Ce dernier fait est particulièrement rappelé, parce qu'il apporte un facteur important dans la limite de la visibilité et pour la reproduction photographique des objets microscopiques.

Le professeur Abbe a soutenu ses propositions par des expériences très frappantes et qui me paraissent une démonstration pratique et complète de la vérité de ses déductions mathématiques. Je vais rapporter quatre ou cinq de ces expériences qui m'ont semblé les plus importantes, et par conséquent les plus intéressantes.

1re *Expérience.* Le but de cette première expérience est de déterminer la production d'images *identiques* par des objets *différents*, lorsqu'à l'aide de moyens artificiels les pinceaux de diffraction, qui sortent de ceux-ci, sont rendus semblables en nombre et en position dans le tube de l'instrument, comme il a été expliqué ci-dessus.

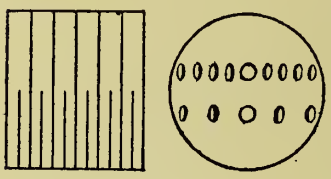


Fig. 36.

A gauche : Réseau employé dans a première expérience. — A droite Apparence obtenue en enlevant l'oculaire et montrant les images centrales et spectrales.

L'expérience est faite avec un *réseau* (*) composé de lignes parallèles, alternativement longues et courtes (fig. 36), tracées avec un diamant sur une feuille d'argent d'une extrême tenuité, fixée à la face inférieure d'une mince lamelle couvre-objet et collée avec du baume sur un porte-objet ordinaire. Les lignes les plus espacées sont au

(1) Les réseaux nécessaires pour ces expériences sont fournis par la maison Carl Zeiss, d'Iéna, sous le nom de plaque de diffraction et au prix de 15 frs. — La plaque se vend accompagnée d'un adapteur ayant une fente latérale pour y glisser une série de diaphragmes à ouvertures de formes diverses. L'adapteur se visse au microscope par la partie supérieure, et, à la partie inférieure se visse un objectif ayant une ouverture donnée p. ex. le **aa** de Zeiss ou un autre de même foyer et de même ouverture.

Ces précautions sont indispensables pour la réussite des expériences, la grandeur des diaphragmes ayant été calculée pour l'objectif susdit.

nombre d'environ 1790 par pouce (71 par millimètre) et les plus serrées au nombre de 3580 par pouce (142 par millimètre), c'est-à-dire deux fois plus serrées.

Ce réseau donne naissance à deux groupes de spectres de diffraction, quand on le place sous l'objectif, et après l'avoir mis au point : le groupe provenant des lignes larges qui comprend des spectres placés à une distance exactement moitié moindre que celle des spectres provenant des lignes serrées, les distances entre les spectres étant ainsi inversement proportionnelles aux distances entre les lignes elles-mêmes.(1)

En enlevant l'oculaire, ces deux groupes de spectres sont visibles l'un au dessus de l'autre (fig. 36), quand l'œil est placé de manière à recevoir les images dans l'air à la partie supérieure du tube.

Il est évident, d'après la figure 36, que la partie large du réseau donne des spectres placés à une distance exactement moitié moindre, (et par conséquent ils sont deux fois plus nombreux) que celle des spectres fournis par la partie serrée. Il est évident, de même, qu'on pourra faire coïncider en nombre et en position (comme il est requis) les premiers avec les seconds, en arrêtant un spectre de deux en deux, à commencer par le premier, dans l'apparition qui provient du réseau plus espacé.

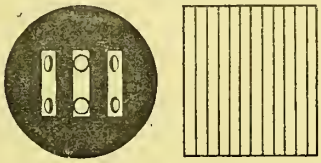


Fig. 37.

A gauche : Diaphragme à 3 fentes arrêtant certaines images spectrales et rendant identiques celles qui sont produites par les deux parties du réseau.

A droite : Apparence obtenue avec le diaphragme : les lignes serrées sont normales, les lignes larges sont doublées en nombre.

C'est ce qu'on peut faire facilement en plaçant, près de la dernière lentille de l'objectif, un diaphragme percé d'une fente centrale taillée de manière à admettre le rayon central seulement, et une fente de chaque côté, de manière à ne laisser passer que le second spectre de la partie large et le premier de la partie serrée du réseau (les spectres sont coupés à partir du centre) (fig. 37).

---

(1) Nous n'avons pas besoin de rappeler que c'est là le principe fondamental du phénomène des *réseaux*.

Quant à travers une lame de verre rayée de fines stries parallèles très rapprochées, alternativement opaques et transparentes, on regarde un point lumineux dans une chambre obscure, au lieu de voir un point unique, on voit une série d'images de ce point disposées sur une ligne perpendiculaire à la direction des stries du réseau, et étalées en spectre. — Ce sont des spectres de diffraction.

Plus les stries du réseau sont nombreuses dans un espace donné, et par conséquent, plus elles sont serrées, plus les images spectrales du point lumineux sont espacées et étalées ; plus les stries sont espacées, plus les images spectrales sont resserrées, c'est-à-dire que la distance entre les images spectrales est inversement proportionnelle à la distance entre les stries.

J. P.

En replaçant l'oculaire, on verra alors que l'image microscopique des lignes serrées ne change pas, mais celle des lignes espacées est *doublée en nombre* (fig. 38), par une prolongation apparente entre celles-ci des lignes courtes. Les images sont ainsi rendues identiques ; la partie supérieure du champ ne présente de différence avec la partie inférieure qu'en ce que les lignes y sont un peu moins brillantes, à cause du plus grand nombre de lignes réelles par lesquelles passe la lumière.

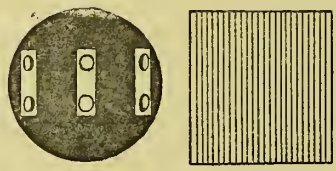


Fig. 38.

A gauche : Diaphragme supprimant tous les spectres du champ n. 36 excepté le 4e de la partie serrée.

A droite: Effet produit par ce diaphragme : les lignes espacées sont quadruplées et les lignes serrées sont doublées.

De même, si l'on arrête tous les spectres excepté le 4e dans la partie large, et le 2e dans la partie serrée (par le diaphragme de la fig. 38), la disposition des spectres est encore rendue semblable (ils coïncident en nombre et en position), et les images microscopiques, quoique changées, paraîtront encore identiques (fig. 38), parceque les lignes serrées seront doublées et les lignes espacées quadruplées en nombre. (1)

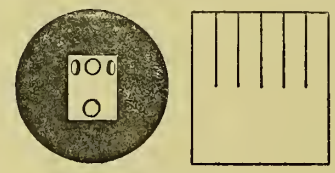


Fig. 39.

A gauche : Diaphragme excluant tous les rayons spectraux de la partie serrée du réseau 1, et tous les rayons spectraux sauf deux, adjacents au rayon central dans la partie large.

A droite : Effet produit : les lignes larges sont seules visibles, les lignes serrées sont invisibles.

2e *Expérience.* — Cette expérience a pour but de démontrer que si l'on n'admet pas *au moins un* rayon spectral, aucun objectif ne pourra résoudre les lignes.

On emploie le même réseau (N° 1, fig. 36) que dans l'expérience précédente, avec un diaphragme percé d'une seule fente centrale, disposée parallèlement aux lignes, et n'admettant qu'un seul spectre de chaque côté dans la partie large du réseau, et aucune dans la partie serrée (fig. 39).

En regardant dans le microscope, on

(1) Cette apparence ressort du principe ci-dessus ; puisque les spectres qui arrivent à l'œil à travers le diaphragme sont espacés à une distance quadruple dans la partie large du réseau, ils représentent l'image des lignes situées à une distance quatre fois plus petite ; ceux de la partie serrée étant doublés dans leur distance représentent pour l'œil l'image de lignes situées à des distances deux fois plus petites.

Pour voir distinctement cette apparence avec l'objectif **aa** de Zeiss (1 pouce 1/2) dont se sert le docteur Abbe, il faut employer un oculaire fort, N° 5 de Zeiss (N° 5 de Hartnack et Prazmowski, E des opticiens anglais).

Tout autre objectif de 1 à 2 pouces de foyer réussirait de même avec un diaphragme *convenable*. Celui qui est employé avec l'objectif **aa** de Zeiss porte 3 fentes, larges chacune de 1/20 de pouce, et placées entre elles à cette même distance 1/20 de pouce.

voit ainsi que, par la réduction de l'ouverture, les lignes serrées (dont toutes les images spectrales ont été exclues) ont disparu et sont remplacées par une surface uniforme d'argent ; les lignes espacées restent dans la condition normale, ainsi que l'indique la théorie.

3me *Expérience.* — Cette expérience a pour but, comme la première, de démontrer la nécessité d'une ouverture angulaire suffisante pour admettre quelques rayons spectraux. Le diaphragme porte une fente centrale large seulement de 1/30 de pouce (fig. 40), ce qui suffit pour exclure les rayons spectraux des lignes serrées comme des lignes espacées.

Fig. 40.

A gauche : Diaphragme excluant tous les rayons spectraux.

A droite : Effet produit : aucune ligne n'est visible.

L'examen dans le microscope montre que, même pour les lignes espacées à 1780 par pouce, aucun pouvoir résolvant n'est obtenu ; le double réseau est remplacé par une bande d'argent uniforme presque sans la moindre trace de lignes.

Ce sont seulement les inégalités dans le tracé des lignes qui deviennent visibles et qui rendent surtout l'existence des lignes apparente.

Dans toutes ces expériences où l'on a employé un diaphragme percé d'une fente, on a remarqué que les côtés de la fente sont parallèles à la direction des lignes ; mais on trouvera que si le diaphragme est tourné de manière que la fente soit perpendiculaire à la direction des lignes, tous les spectres seront admis, il en résultera une résolution parfaite, ce qui prouvé que la position du diaphragme relativement aux stries et non sa forme seule produit les phénomènes en question.

Les mêmes effets de duplication ou d'oblitération des lignes peuvent être produits sur un objet tel que le *Lepisma Saccharina* en employant des objectifs plus forts et des diaphragmes convenables.

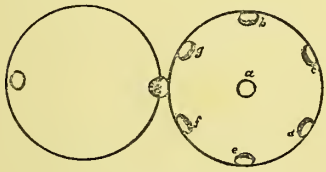


Fig. 41.

A gauche : Effet produit par la lumière d'une extrême obliquité sur des lignes parallèles assez serrées pour atteindre la limite de la résolution : le rayon éclairant est au bord du champ et les rayons les plus réfrangibles seulement de l'image spectrale restent dans le champ, au bord opposé (à droite).

A droite : Apparence produite dans le tube par une valve du *Pleurosigma angulatum* (lumière centrale).

La limite de la visibilité est une conséquence directe de la démonstration de ce fait qu'aucune résolution ne peut-être obtenue à moins d'admettre au moins deux rayons. Et comme l'admission d'une image secondaire ou spectrale est absolument dépendante de l'ouverture numérique de l'objectif, il s'ensuit que le pouvoir résolvant est *fonction* de l'ouverture. Cette ouverture a pour limite supérieure 180°. Quand la limite du pouvoir résolvant avec la lumière oblique est atteinte, le rayon éclairant est

vu au bord extrême de la lentille postérieure avec l'image spectrale au bord opposé, comme dans le champ (fig. 41).

La règle donnée par le professeur Abbe, pour déterminer le plus grand nombre de lignes par pouce qui peut être résolu par la lumière oblique (en prenant pour base une couleur donnée), indique que *ce nombre est égal à deux fois le nombre des ondes lumineuses comprises dans la longueur d'un pouce multiplié par le sinus de la moitié de l'angle d'ouverture.*

Comme le sinus d'un angle ne peut dépasser l'unité, le maximum de la quantité ci-dessus sera égal à deux fois le nombre des ondes contenues dans un pouce pour le rayon de plus grande réfrangibilité qui donnera assez de lumière pour l'expérience.

Avec la lumière *centrale,* le maximum, pour une couleur donnée, sera égal au nombre des ondes contenues dans un pouce. — Ce qu'est la couleur de cette lumière est impossible à déterminer d'une manière générale, car la capacité pour apprécier la lumière varie avec les différents observateurs.

Si, par exemple, nous supposons 0.43 μ dans le spectre comme représentant assez de lumière pour la vision, nous trouvons que le maximum, autant qu'il s'agit de *voir*, est de 118.000 lignes dans un pouce. — Mais, comme les rayons chimiques non lumineux restent dans le champ après les rayons visibles du spectre, on pourra obtenir une image photographique de lignes plus serrées.

Que le pouvoir *résolvant* gagne peu par une ouverture angulaire excessive, cela est démontré quand on considère combien les sinus des grands angles augmentent lentement. En réduisant de 180° à 128 1/3° *l'angle* d'ouverture, on ne diminue que de 1/10 son sinus, et par conséquent, le pouvoir résolvant, en augmentant considérablement l'utilité générale de l'objectif ; ou bien, si on le réduit à 106 1/4° on a encore, dans la même hypothèse, un pouvoir résolvant capable de définir 94.400 lignes dans un pouce anglais.

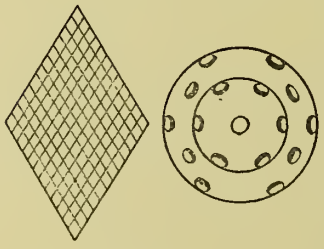


Fig. 42.
A gauche : Réseau croisé à 60°.
A droite : Disposition des images spectrales produites. Ces images forment sur le petit cercle interne une disposition semblable à celle que donne le *Pleurosigma* (fig. 41, à droite).

Les expériences suivantes sont faites avec des réseaux croisés et donnent aussi des résultats importants.

Ces réseaux s'obtiennent en traçant deux systèmes de lignes parallèles sur des feuilles d'argent, le premier à la face inférieure d'une lamelle couvre-objet, le second sur un porte objet ordinaire ; puis on colle les deux pièces de verre l'une sur l'autre avec du baume de Canada, de manière que les deux systèmes de lignes soient en contact

et forment ensemble un angle de 60°, ce qui produit des figures rhombiques sur toute la surface du réseau (Fig. 42).

4me *Expérience.* — Il s'agit de démontrer qu'avec le réseau croisé on peut, par une certaine disposition de l'éclairage, faire disparaître les lignes réelles qui seront remplacées par un système parfaitement distinct de lignes illusoires, parallèles à une diagonale des figures rhombiques (Fig. 43).

Le réseau croisé, examiné sans l'oculaire, avec la lumière centrale, donne une disposition des images spectrales représentée par le champ (fig. 42, à droite), dans lequel le cercle le plus interne d'images est identique à celui que fournit, dans les mêmes circonstances, le *Pleurosigma angulatum* (fig. 41, à droite). On fait disparaître les lignes réelles et apparaître un système parallèle à une diagonale des rhombes en employant un diaphragme avec une seule fente dans la direction d'une diagonale, et les lignes illusoires apparaîtront parallèles à l'autre diagonale, c'est-à-dire perpendiculaires à la fente.

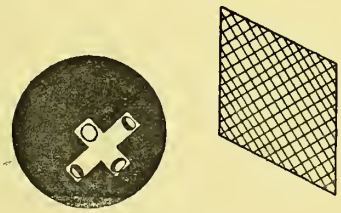


Fig. 43.
A gauche : Diaphragme avec fente en croix admettant le rayon central et trois rayons spectraux ; les lignes joignant les 4 images deux à deux sont perpendiculaires entre elles.

A droite : Effet produit : les lignes qui apparaissent se croisent à angle droit à des distances inversement proportionnelles à celles des spectres (:: V5 : 1.)

Avec un diaphragme percé d'une fente en croix comme dans la fig. 43 à gauche, admettant le rayon central et trois images spectrales, les lignes fictives joignant ces 4 images deux à deux étant perpendiculaires l'une à l'autre, on obtiendra deux systémes de lignes parallèles, le premier longitudinal, dans la fig. 43 à droite, perpendiculaire à la longue branche transversale de la fente en croix ; le second, transversal, perpendiculaire à la courte branche longitudinale de la fente. Ces deux systèmes de lignes illusoires se couperont donc à angle droit, quoique les lignes réelles du réseau se croisent à 60°. Cet effet résulte, comme on le comprend, d'après ce que nous avons dit ci-dessus, de ce que l'on a admis deux systèmes d'images spectrales, systèmes parallèles aux diagonales du réseau, lesquelles se coupent à angle droit.

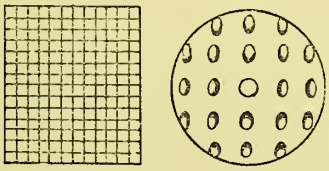


Fig. 44.
A gauche: Réseau croisé à angle droit.
A droite : Champ observé dans le tube.

Avec un réseau croisé à angle droit, comme celui de la fig 44, qui, examiné sans oculaire, donnerait le champ n° 44, à droite on obtiendrait des effets semblables.

En employant un diaphragme ne laissant passer que le rayon central et un seul rayon spectral (fig. 45), les deux systèmes de lignes horizontales et verticales disparaissent et sont remplacés par un seul

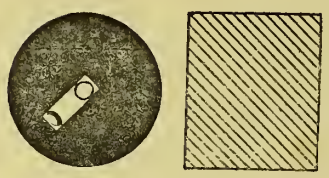


Fig. 45.
A droite : Diaphragme admettant le rayon central et un rayon spectral.
A gauche : Effet produit : un système de lignes diagonales perpendiculalres à la fente.

système composé de lignes parallèles entre elles et parallèles à l'une des diagonales des petits carrés du réseau, c'est-à-dire à celle de ces diagonales qui est perpendiculaire à la fente. La distance de ces lignes illusoires est à celle des lignes réelles comme 1 : $\sqrt{2}$.

5me *Expérience.* L'objet de cette expérience, qui est peut-être la plus importante de toutes, est de montrer qu'en admettant dans l'objectif un seul cercle de spectres, la structure d'un objet, comme ceux que nous venons d'examiner, est absolument indéterminée.

Au lieu de diaphragme à fente, on emploie pour observer le réseau un disque percé au centre d'une seule ouverture circulaire, uniquement pour diminuer l'ouverture de manière à n'admettre que le premier cercle de rayons spectraux.

L'éclairage est central, et, en examinant sans oculaire, on voit dans le champ sept pinceaux de lumière : le premier, au centre, brillant, est le pinceau dioptrique ; les six autres, équidistants autour des bords, sont les rayons spectraux. (Voir le cercle intérieur tracé dans le champ de la fig. 42).

Il faut avoir présent à l'esprit qu'on examine un réseau *qu'on sait entièrement composé de figures rhombiques.*

En replaçant l'oculaire, on voit le champ rempli de figures *hexagonales*, comme en fournit le *Pleurosigma angulatum* ; et cet effet a été produit uniquement en réduisant l'ouverture, relativement à la finesse des stries, de manière à n'admettre que les premiers rayons spectraux.

On ne peut donc rien inférer, d'après cette image microscopique, sur la structure de l'objet ; on sait qu'elle est composée de rhombes, mais on voit des hexagones.

Mais le rayon central et les 6 spectres colorés qui ont produit ce résultat composent un ensemble identique à ce que produit une valve de *Pleurosigma angulatum* avec la lumière centrale. (Comparez le champ entier fig. 42 avec le cercle intérieur qui y est tracé.)

Cette diatomée, avec la lumière centrale, les plus forts grossissements et les plus grandes ouvertures angulaires, présente nécessairement la même apparence de rayons spectraux, en raison du rapprochement des stries, ou des points (quoi que ce soit), la dispersion étant trop grande pour permettre l'admission d'un second cercle de spectres, *à moins qu'on n'emploie un des objectifs construits en dernier lieu et ayant une ouverture de* 1.5 *à* 1.6.

Il est ainsi prouvé qu'avec les moyens employés on ne peut rien

conclure sur la structure réelle de l'objet ; il est également certain que cette démonstration s'appliquera de même à la valve du *Pleurosigma angulatum* dont les dessins peuvent, pour employer l'expression même du Dr Abbe, résulter de « deux systèmes de lignes, ou de trois systèmes de lignes, ou d'ouvertures isolées d'une forme quelconque sur l'objet lui-même. » (1)

S'il était possible d'admettre le second cercle de rayons spectraux, on pourrait obtenir une notion plus approchée de la véritable structure ; plus grand serait le nombre de rayons diffractés admis dans l'objectif, plus grande serait la similitude de l'image et de l'objet, la clef de voûte de la théorie étant que « *l'interférence de TOUS les rayons diffractés venant de l'objet, donne la copie de la structure réelle,* » comme dans une image dioptrique. — Mais admettre tous les rayons est impossible, ainsi qu'il a été surabondamment prouvé, en raison du trop grand pouvoir dispersif de la plupart des fines structures.

La même diatomée peut servir à montrer la formation des hexagones.

En mettant au foyer à l'aide d'un objectif ayant environ 0.8 d'ouverture numérique un bon spécimen de *Pleurosigma angulatum*, plat et montrant distinctement ses stries, et en employant un large pinceau de lumière centrale, on verra distinctement (sans oculaire) sur les bords de la dernière lentille de l'objectif les 6 images spectrales dont nous avons parlé (fig. 41).

Deux spectres adjacents quelconques, combinés avec le cône central de lumière, formeront un triangle équilatéral (*a b c*, par exemple) et fourniront l'image bien connue des hexagones, c'est à dire trois systèmes de lignes croisées à 60° ; mais comme d'autres pinceaux quelconques, formant aussi un triangle équilatéral, produiront aussi des hexagones, un *nouveau système* pourra être obtenu sur un champ noir en supprimant le rayon central et trois des six rayons spectraux alternés. On conservera, par exemple, les trois rayons *b*, *d*, *f*, (ou *c*, *e*, *g*) ; les triangles ainsi formés auront leurs côtés plus grands que ceux des triangles ordinaires dans le rapport de $\sqrt{3} : 1$, et les nouveaux hexagones seront trois fois plus nombreux que les premiers et leurs côtés feront des angles différents avec la ligne médiane. Les trois pinceaux, pro-

(1) M. le Prof. Abbe admet que, si l'optique seule ne permet pas de déterminer la nature de certaines structures délicates, par contre, la méthode que nous avons employée dans nos travaux (détermination de la nature des fines structures par l'étude des valves de diatomées ayant des structures analogues mais très grossières), que cette méthode, disons-nous, de conclusion par analogie, est le plus sûr moyen d'arriver à la vérité.

H. V. H.

duisant l'interférence dans ce cas, sont, comme nous l'avons dit, *b*, *d*, *f*, ou *c*, *e*, *g*, et non seulement on verra que cet effet peut-être produit, mais la théorie prouve que l'on peut rendre visibles trois autres systèmes de lignes, bissectrices des angles formés par les lignes ordinaires, résultant des combinaisons des spectres *g*, *c*, ou *f*, *d* — *b*, *f*, ou *c*, *e* — *b*, *d*, ou *g*, *e*. Tous ces phénomènes peuvent être produits en arrêtant les rayons convenables. Il est facile de produire des lignes bissectrices des angles du système ordinaire, l'une après l'autre, et parmi elles des lignes parallèles à l'axe du frustule. Pour cela, il faut employer la lumière oblique en arrêtant le rayon central avec un des rayons périphériques, et en admettant, par exemple, *b* et *f* ou *c* et *e*, c'est-à-dire deux spectres parallèles à la ligne médiane.

LE MICROSCOPE

LIVRE PREMIER.

CHAPITRE I.

GÉNÉRALITÉS.

Le microscope, dont l'invention faite vers 1590 est attribuée à Zaccharias Janssen de Middelbourg, est l'instrument qui nous permêt d'étudier les objets trop petits pour être vus distinctement à l'œil nu. Il est composé de diverses parties qui, toutes, ont un emploi spécial et nettement déterminé. Le microscope est un appareil qui doit être manié soigneusement si l'on veut en obtenir ce qu'il peut donner, aussi, pour commencer, nous examinerons les parties essentielles, de même que celles accessoires, qui le composent.

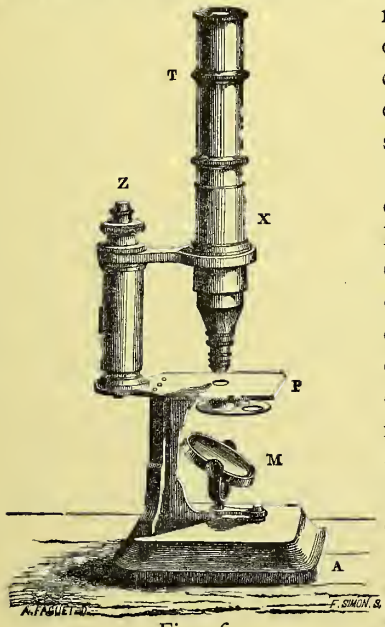


Fig. 46.

Microscope. Le *pied* A du microscope est cette partie de l'instrument par laquelle il repose sur la table ; le pied est attaché au pilier unique ou double, ou à la barre qui supporte le microscope proprement dit ; souvent même on donne le nom de pied à l'ensemble que nous venons de décrire. Dans les instruments de première classe, le microscope est toujours articulé sur le pied de façon à ce que l'on puisse lui donner toutes les inclinaisons possibles.

Le microscope proprement dit se compose d'un tube terminé à ses deux extrémités par une combinaison de

lentilles. Cet ensemble peut se rapprocher ou s'écarter plus ou moins d'une petite table qui reçoit le nom de *platine* et sur laquelle on dépose l'objet à examiner. La platine est percée d'une ouverture par où la lumière, venant du dessous, vient traverser et éclairer l'objet.

Examinons plus en détail ces diverses parties. *Le tube* (fig. 46, T) est en cuivre noirci intérieurement, il est ouvert librement à la partie supérieure afin de recevoir un autre tube de cuivre, assez court, qui y entre par glissement et qui, portant une lentille à chacune de ses extrémités, prend le nom d'*oculaire*. Inférieurement le tube est muni d'un pas de vis à l'aide duquel on y adapte un système de lentilles que l'on nomme l'*objectif*.

Le tube est habituellement formé de deux pièces glissant l'une dans l'autre, de façon qu'on puisse l'allonger ou le raccourcir dans certaines mesures. Dans les bons instruments, le tube intérieur est divisé en millimètres de façon à indiquer constamment la longueur réelle utilisée du tube total.

Le tube n'a pas la même longueur dans tous les microscopes. On distingue la *longueur anglaise* qui est adoptée par tous les constructeurs anglais et américains et qui est de 10 pouces anglais (soit 255 millimètres) et la *longueur continentale* qui est de 16 à 18 centimètres, mais le tirage permet habituellement d'aller jusqu'à 20-22 centimètres.

La longueur du tube est chose à prendre en considération quand on emploie le microscope. A moins que l'objectif ne soit muni d'une longue correction (nous verrons plus tard ce que c'est) qui existe toujours dans les objectifs anglais, mais rarement dans les objectifs continentaux, à moins d'une longue correction, disons nous, un objectif quelconque ne donne une bonne image que quand on l'emploie avec la longueur du tube pour laquelle il a été construit.

Pour rapprocher ou écarter le tube de la platine, on le fait glisser, en lui faisant décrire une spirale, dans le tube X qui est porté par le bras du mouvement lent Z. On a ainsi ce que l'on nomme le *mouvement rapide* par glissement. Dans les instruments de qualité supérieure, le mouvement rapide s'obtient en tournant le bouton attaché au pignon qui agit sur une crémaillière qui fait corps avec le tube.

Outre le mouvement rapide qui sert à mettre l'objet plus ou moins à point, c'est-à-dire qui meut le tube de façon à ce que l'objet soit mis à une distance telle du tube (muni de la partie optique) que les détails soient vus nettement, outre ce mouvement rapide, tout microscope complet possède encore un *mouvement lent* qui s'effectue en tournant le bouton Z qui commande la vis micrométrique. On peut, à l'aide de la vis micrométrique, mouvoir le tube de quantités

infiniment petites : d'un centième de millimètre et de beaucoup moins encore dans certains instruments.

La *platine* P est une petite table métallique, solide, percée d'une ouverture vis-à-vis du tube. C'est sur la platine que l'on dépose la lame de verre qui porte l'objet à examiner. Cette lame de verre peut être immobilisée à l'aide de deux ressorts en cuivre qui portent le nom de *valets*. Nous aurons plus tard à revenir sur les parties de la platine.

Le *miroir* M, qui se trouve sous la platine, permet d'obtenir l'éclairage, par transparence, de l'objet. La lumière arrive sur l'objet, soit un peu concentrée quand on emploie le miroir plan, soit fortement concentrée, quand on se sert du miroir concave.

Telles sont les parties qui constituent essentiellement le microscope. Nous aurons maintenant à reprendre avec plus de détails ces principales parties constituantes.

CHAPITRE II.

Examen détaillé des parties du microscope.

I. LES PARTIES OPTIQUES DU TUBE.

I. LES OBJECTIFS.

Généralités.

L'objectif est la partie la plus importante du microscope, plus l'objectif est parfait, meilleurs seront les résultats que donnera l'instrument.

Les objectifs, aujourd'hui, sont tous achromatiques, c'est-à-dire formés par une réunion de lentilles en flint et en crown et même en diverses autres substances combinées de façon que les rayons rouges et les rayons bleus qui ont été isolés par le passage des rayons lumineux blancs à travers les lentilles, viennent de nouveau se réunir sur un même plan.

Lorsque l'objectif n'est pas achromatisé, ces rayons restent séparés; l'image de l'objet que l'on examine est alors entourée d'une bordure bleue et rouge et ne présente aucune netteté.

Depuis peu de temps, grâce à de nouvelles combinaisons (verres et pseudo-verres) pouvant être employées pour la construction des lentilles, on est parvenu à obtenir des objectifs où les trois principaux rayons du spectre se réunissent dans un même plan. On obtient de cette façon des objectifs d'une perfection extrême et auxquels on a donné le nom d'*objectifs apochromatiques*. Ils sont malheureusement d'un prix excessivement élevé par suite de la difficulté de leur construction.

Anciennement les objectifs n'étaient formés que par une seule lentille plus ou moins convergente suivant le grossissement que l'on voulait atteindre.

Charles Chevalier, qui, en 1823, construisit les premières lentilles achromatiques à court foyer, imagina aussi d'en superposer plusieurs. Il put de cette façon repartir la courbure de la lentille unique sur plusieurs lentilles. Cela eût pour résultat d'abord de rendre plus facile la construction de l'objectif attendu que chaque lentille, dans l'objectif Chevalier, devenait beaucoup plus grande et le second résultat était que l'image, pour un grossissement donné, devenait beaucoup plus lumineuse et plus plane.

Toutefois, Charles Chevalier achromatisait séparement chacune des lentilles de ses objectifs ; on pouvait donc, au besoin, employer isolément chacune d'elles.

Actuellement l'ensemble de l'objectif donne une image achromatisée, mais la composition en crown et en flint de chacune des lentilles varie. On obtient ainsi une image montrant beaucoup mieux les détails de l'objet, ayant, comme on dit, plus d'ouverture, mais les lentilles doivent rester combinées et être employées réunies comme le constructeur les fournit.

On distingue les objectifs à monture fixe et les objectifs à correction qui ont déjà été mentionnés.

1. Objectifs à monture fixe. Les objectifs à monture fixe sont ceux où les lentilles sont fixées par le constructeur à une distance déterminée et invariable. Un tel objectif ne peut être employé que pour une longueur du tube déterminée.

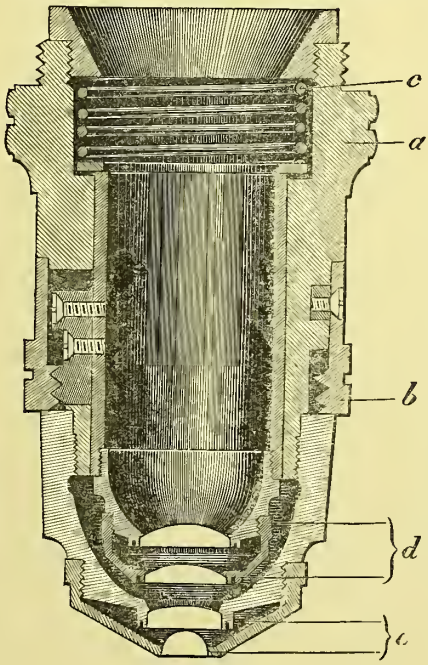


Fig. 47.

2. Objectifs à correction. En 1829, Amici remarqua le premier que des objectifs puissants, qui donnaient une image parfaitement nette quand on examinait les objets non recouverts d'un verre, n'en donnaient plus une aussi bonne quand on couvrait l'objet et de plus que la netteté de l'image augmentait ou diminuait selon l'épaisseur de ce verre ou couvre-objet. Pour remédier à ce défaut, qui résulte de l'aberration de sphéricité, Amici construisit ses objectifs de manière qu'ils dussent tous être employés avec des couvre-objets d'une épaisseur déterminée.

En 1837, le célèbre opticien anglais Ross, qui ignorait la découverte

d'Amici, fit la même observation et, pour remédier au défaut, il imagina les objectifs à correction.

Dans ce genre d'objectifs les deux lentilles supérieures (fig. 47, *d*) occupent entre elles une position invariable. Elles sont fixées à un tube mobile et peuvent s'écarter et se rapprocher de la partie inférieure qui est fixe et qui porte la frontale (fig, 47, *e*) simple ou double. En tournant l'anneau *a*, les lentilles supérieures montent ou descendent et un ressort à boudin *c* régularise les petites inégalités de la vis et cela surtout afin d'éviter le « temps perdu » qui se produit toujours lorsque l'on change le sens du mouvement.

La maison Carl Zeiss grave sur ses objectifs à correction une série de chiffres très pratique. Cette série de chiffres qui va de 10 à 25 (ou moins) indique directement la position à donner pour une épaisseur de cover donnée. Si l'on a, par exemple, à étudier une préparation recouverte d'un couvre-objet ayant un et demi dixième de millimètre, on mettra la division 15 en regard de l'index et l'on aura la meilleure position des lentilles pour étudier, dans l'éclairage axial, la préparation dont il vient d'être question.

On distingue encore les objectifs à sec et les objectifs à immersion.

3. Les **objectifs à sec** sont ceux où l'objet (ou plutôt la lamelle qui le recouvre) reste à une certaine distance (qui peut être infiniment petite) de l'objectif et où l'air interposé les sépare continuellement.

4. Dans les **objectifs à immersion,** on relie au contraire l'objectif à la lamelle à l'aide d'une goutte de liquide. Dans les objectifs à immersion ordinaires le liquide interposé est de l'eau distillée ; dans les objectifs dits *homogènes* on emploie de l'huile de cèdre soit pure, soit préalablement épaissie par l'action oxydante de l'air et additionnée ensuite d'huile d'olives.

Par l'interposition de ce liquide on ramène dans l'objectif un grand nombre de rayons lumineux qui se perdaient par le passage successif de la lamelle dans l'air et de là de nouveau dans le verre de l'objectif.

L'huile de cèdre a le même indice de réfraction (1,515) que le verre (crown) dont on se sert pour construire la lentille qui est la plus rapprochée de l'objet et que l'on nomme la *frontale*, il n'y a donc plus là de pertes par réfraction, tandis qu'il y en a encore un peu dans l'eau dont l'indice n'est que 1,336.

Les objectifs à immersion donnent une image plus nette, plus lumineuse et plus détaillée que les objectifs à sec, ils ont également une distance frontale plus grande à grossissement égal ; c'est-à-dire que la frontale reste à une distance plus considérable de la lamelle et par suite le travail devient plus commode.

On a cru pendant tout un temps que les objectifs homogènes réalisaient le dernier mot de la construction des objectifs.

Mais il n'en est pas ainsi et dans ces derniers temps la maison C. Zeiss a fait faire un progrès extrêmement considérable à l'optique du microscope, d'abord par la construction des objectifs apochromatiques, ensuite par la fabrication d'un objectif spécial dont la frontale n'est plus en crown mais en un flint très dense.

5. Objectifs apochromatiques. Les objectifs apochromatiques ont été introduits dans le commerce en 1886 (1), par la maison Zeiss et ils sont dûs aux recherches de M. le professeur Abbe.

Les objectifs apochromatiques se distinguent, au point de vue optique, de tous les systèmes de lentilles employés jusqu'ici pour le microscope, par la réalisation simultanée de deux conditions relatives à la réunion des rayons du spectre en un même foyer. La première consiste dans la convergence en un même point de l'axe de *trois* rayons différents du spectre, c.-à.-d. dans la suppression du spectre, dit *secondaire*, existant dans les systèmes achromatiques employés jusqu'à ce jour. La seconde condition consiste dans la correction de l'aberration de sphéricité pour *deux* rayons de couleurs différentes ; tandis que jusqu'ici la correction n'était atteinte que pour un seul (celui dont la couleur est la plus claire).

Tous les systèmes optiques construits jusqu'à ce jour (le microscope aussi bien que les autres instruments) ne donnent une image *nette* que pour les rayons d'une seule couleur (intermédiaire entre le jaune et le vert pour les instruments à oculaire, intermédiaire entre le bleu et le violet pour la photographie).

Pour toutes les autres couleurs, ils donnent des images de plus en plus effacées, entourant l'image la plus nette d'un bord coloré, ou bien formant un nuage général, qui envahit tout le champ. Les objectifs apochromatiques donnent, au contraire, pour tous les rayons du spectre des images d'une netteté à peu près uniforme. On peut donc observer à la lumière blanche (composée) ou bien ne faire intervenir que quelques parties du spectre (soit en employant l'éclairage monochromatique, soit en photographiant) : l'image sera toujours d'une netteté uniforme.

De plus, dans les systèmes anciens, la correction des aberrations chromatiques n'est bonne que pour une seule zône de l'objectif : elle devient de plus en plus mauvaise vers les bords et vers le centre de la lentille ; au contraire, dans les systèmes apochromatiques la correction chromatique est faite également pour toutes les zônes de l'objectif. En employant le test d'Abbe, par exemple, on ne remarque guère davantage l'apparition d'un contour coloré avec un éclairage très oblique que si l'on éclairait une moitié ou le centre de la lentille.

(1) Voir *H. Van Heurck. Journal de micrographie* 1886 page 91.

Enfin, dans les systèmes achromatiques ordinaires, même pour la zône de l'objectif où la correction chromatique est la meilleure, il n'y a que les rayons de deux couleurs qui coupent l'axe en un même point : les images des différentes couleurs ne coïncident donc que deux à deux et présentent entre elles des *différences de foyer* très notables. Dans les systèmes dont il est question ici, les rayons de différentes couleurs coupent l'axe trois à trois au même point, de sorte que l'espace réservé aux différences de foyer pour tous les rayons du spectre (depuis les rayons optiques jusqu'aux rayons chimiques extrêmes), est de 7 à 10 fois plus petit, et peut, par conséquent, être considéré en pratique comme réduit à zéro, et cela d'une façon identique pour chaque zône de l'objectif.

Les images des différentes couleurs, déjà très nettes en elles-mêmes, sont donc amenées à coïncider parfaitement et à agir simultanément pour produire un seul et même effet.

Les avantages pratiques de ces innovations sont donc évidents. Une concentration de lumière beaucoup plus grande pour l'observation oculaire ordinaire ou pour tout autre usage avec un éclairage quelconque (central ou oblique, de couleur blanche ou monochromatique) assure à ces systèmes un avantage sur tous les systèmes construits jusqu'ici, tant au point de vue de la force de leurs effets qu'à celui du nombre des applications dont ils deviennent susceptibles.

Les couleurs naturelles des objets, jusque dans leurs plus faibles nuances, sont fidèlement rendues dans l'image. Celles-ci sont presque aussi nettes sur les bords qu'au milieu du champ. Seulement par suite de la courbure inévitable du champ, les parties marginales n'ont pas complètement la même mise-au-point que les parties centrales et doivent être mises au point les unes après les autres à l'aide de la vis micrométrique.

Ces objectifs permettent l'emploi d'oculaires très forts sans que l'image perde en netteté ou en clarté. Ils donnent donc de forts grossissements avec une distance focale relativement grande et chacun de ces objectifs fournit à lui seul une série d'amplifications très différentes.

6. Objectifs à très grande ouverture. En remplaçant le crown de la frontale par une substance ayant un indice de réfraction plus élevé, on augmente notablement l'ouverture de l'objectif. Il y a environ 25 ans nous avons fait des essais dans cette voie et nous les avons relatés en 1869 dans la 2e édition de cet ouvrage.

Mais, malgré des résultats inespérés nous avons dû interrompre ces recherches, faute de loisir et faute d'une installation assez parfaite, pour mener ces essais à leur perfection.

Mais ce qu'un amateur ne pouvait qu'ébaucher, la maison Zeiss

vient de le réaliser d'une façon parfaite et en allant même infiniment plus loin que nous ne le pensions possible.

L'objectif qui a été construit possède une ouverture numérique de 1.63, la lentille frontale est en flint d'un indice de 1.72, il s'immerge dans le monobromure de Naphtaline dont l'indice est 1.65.

En comparant ces divers chiffres on voit que l'objectif dévie considérablement du type *homogène*.

Nous décrirons cet admirable objectif, en parlant des appareils de la maison Zeiss.

Cet objectif cependant n'est pas le dernier mot de la science et MM. Zeiss prévoient dès maintenant pouvoir faire encore quelques pas en avant dans la même voie.

7. Les objectifs s'adaptent habituellement au tube à l'aide d'un pas de vis, mais malheureusement ces pas de vis diffèrent.

On distingue le *pas de vis français* employé par M. Nachet, le *pas allemand* qui est adopté par les constructeurs allemands et enfin le *pas anglais* qui est employé par les constructeurs anglais et américains et aussi par M. Zeiss. Le pas anglais, qui a été désigné par la société royale de *Microscopie* de Londres, est très supérieur aux autres parce qu'il permet l'emploi, dans la construction des objectifs, de lentilles d'un plus grand diamètre. Ajoutons cependant que les bons constructeurs du continent tels que MM. Nachet, Reichert, Hartnack munissent actuellement leurs instruments supérieurs du pas de vis anglais. Il suffit dans ces instruments d'enlever la petite pièce qui termine le tube et que l'on nomme le *cône*, pour que l'on puisse y adapter les objectifs munis du pas anglais.

On classait anciennement les objectifs par des numéros ou des lettres, classification tout à fait arbitraire différant chez chaque constructeur.

Aujourd'hui presque tous les bons constructeurs classent leurs objectifs d'après le foyer ou la distance focale.

8. Diverses choses doivent être prises en considération dans l'examen des objectifs, ce sont : *la distance focale*, *la distance frontale* et *l'angle d'ouverture*.

Distance focale. — On nomme foyer d'une lentille l'endroit où se réunissent en un point unique tous les rayons qu'elle a reçus et la distance de ce point à la lentille se nomme distance focale.

Dans l'objectif de microscope tel qu'on le construit ordinairement à 2, 3 ou 4 lentilles, ces lentilles réunies jouent le rôle d'une seule lentille simple.

En réalité la distance focale d'une pareille combinaison est plus petite que le foyer d'un objectif simple qui donnerait le même grossissement. On ne l'y compare pas moins et les opticiens américains et anglais,

de même que quelques constructeurs allemands, numérotent leurs objectifs d'après leur valeur focale.

Le procédé le plus simple pour mesurer la distance focale d'un objectif est le suivant qui est indiqué par M. Harting.

On dépose un micromètre (par exemple le millimètre en 100 si l'objectif est fort, ou le millimètre en 10 si l'objectif est faible) sur la platine du microscope. On visse l'objectif, dont on veut déterminer la distance focale, au tube de l'instrument et on remplace l'oculaire par un verre finement dépoli.

On éclaire le microscope par les rayons solaires, et on met au point jusqu'à ce que les traits du micromètre apparaissent avec leur maximum de netteté sur le verre dépoli.

A l'aide d'un compas on mesure la grandeur de l'image d'une division micrométrique (pour plus d'exactitude on en prend un certain nombre dont on déduit la moyenne), et l'on mesure ensuite la distance bien exacte de la surface du micromètre à la surface dépolie du verre. On en tire la distance focale par la formule

$$a = \frac{b\,h}{d}$$

De cette formule on tire comme suit la distance focale exacte f :

$$f = \frac{a\,b}{a+b}.$$

Dans ces formules :

a représente l'éloignement du micromètre à l'objectif ;
h la grandeur réelle d'une division du micromètre ;
d la grandeur de l'image de cette division ;
b la distance du micromètre à l'image.

Distance frontale. Il ne faut pas confondre la distance focale avec la distance frontale, cette dernière est la quantité dont l'objectif reste éloigné du couvre-objet lorsque la préparation est à point, c'est-à-dire visible avec son maximum de netteté.

La distance frontale est un facteur important de la valeur de l'objectif. Si la distance frontale est trop petite il faut se servir de couvre-objets excessivement minces et par suite peu maniables, en outre beaucoup de préparations toutes faites ne pourront être étudiées à l'aide de pareil objectif.

Nous devons encore maintenant examiner les qualités optiques que doit posséder l'objectif, c'est ce que nous ferons dans le paragraphe suivant.

Qualités optiques d'un bon objectif. L'objectif doit donner des images dont les contours soient nets, bien définis, montrant bien

les détails, et, l'image donnée par les bords de l'objectif doit être aussi bonne que celle donnée par la partie centrale.

Ces qualités dépendent de l'angle d'ouverture de l'objectif et de la bonne correction des aberrations chromatique et sphérique.

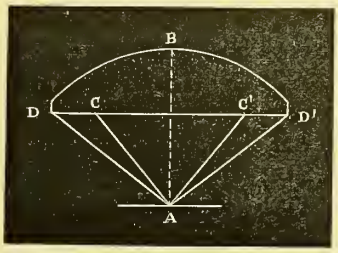


Fig. 48.

On nomme *angle d'ouverture* (fig. 48) l'angle formé par les deux rayons extrêmes émanant de l'objet et utilisé par l'objectif.

Plus cet angle (fig. 48) CAC' et DAD' est grand et plus l'objectif montre de détails dans l'image, mais, à mesure que cet angle augmente, la lentille frontale de l'objectif se rapproche également de la lamelle et la partie de l'objet qui se montre à la fois se rapproche de plus en plus d'un plan mathématique. Il faut que l'angle d'ouverture d'un objectif soit proportionné au grossissement et il serait absurde de donner un très grand angle à des objectifs faibles, car on ferait donner des détails que l'œil ne pourrait distinguer parce qu'ils sont trop rapprochés.

L'angle d'ouverture d'un objectif à sec est complètement différent de celui d'un objectif à immersion et comme la mesure de l'ouverture angulaire était sujette à des interprétations erronées, M. le Prof. Abbe a eu l'heureuse idée de remplacer cette mesure par une autre mesure que l'on nomme *ouverture numérique*.

Cette quantité est représentée par l'expression :

$$O = n \sin u$$

dans laquelle n représente l'indice de réfraction du milieu ambiant, air, eau, huile et u le demi-angle d'incidence des rayons extrêmes.

Ainsi, dit le Dr J. Pelletan, (1) un objectif à sec qui aurait le maximum d'ouverture angulaire, 180°, aurait pour ouverture numérique 1. En effet, dans la formule $O = n \sin u$, l'indice n de l'air est 1, et l'angle u est la moitié de 180°, c'est-à-dire 90° dont le sinus est 1. La formule numérique devient donc $O = 1 \times 1 = 1$.

On voit ainsi qu'à cet objectif à sec, d'ouverture angulaire maximum, 180°, et d'ouverture numérique = 1, correspond, comme puissance optique, un objectif à eau de 97° seulement d'ouverture angulaire. Car le sinus de 48° 1/2 moitié de 97°, est sensiblement 0,752, qui, multiplié par 1,33, indice de l'eau, donne pour valeur de l'ouverture numérique : 1.

Et les mêmes effets optiques seraient produits par un objectif à immersion homogène, à huile, qui n'aurait que 82° d'ouverture angu-

(1) Les Diatomées, page 150.

laire, car dans la formule $O = n \sin u$, l'indice n est 1,52 et sin u ou sin 41°, est sensiblement 0,658. D'où $o = 1,52 \times 0,658 = 1$.

On verrait ainsi qu'à un objectif à sec, qui aurait 128° (dans l'air) d'ouverture angulaire, correspondrait un objectif à immersion dans l'eau qui n'aurait que 85°, parce que tous deux ont la même ouverture numérique = 0,90. En effet la formule donne pour l'ouverture numérique du premier $O = 1 \times \sin 64° = 1 \times 0,90 = 0,90$; et pour celle du second : $O = 1,33 \times \sin 42° 1/2 = 1,33 \times 68 = 0,90$.

De même encore, un objectif à immersion homogène ($n = 1,52$) qui n'aurait que 92° d'ouverture angulaire correspondrait à un objectif à immersion dans l'eau ($n = 1.33$) de 112° d'ouverture angulaire, car tous deux auraient pour ouverture numérique : 1.10 comme il est facile de le voir par le calcul.

On reconnait enfin que si, comme nous l'avons vu plus haut, un objectif à eau dont l'ouverture angulaire est de 97° et l'ouverture numérique 1, et un objectif homogène de 82° d'ouverture angulaire ou d'ouverture numérique égale aussi à 1, correspondent à un objectif à sec de 180° d'ouverture angulaire avec ouverture numérique égale à 1, tous les objectifs à eau qui ont une ouverture angulaire plus grande que 97° et tous les objectifs homogènes dont l'ouverture angulaire est plus grande que 82° correspondent à des objectifs à air dont l'ouverture angulaire serait plus grande que 180°.

Or ce résultat paraît absurde. On ne comprend plus un objectif dont l'angle d'ouverture serait plus grand que 180°, ce qui en effet est irréalisable dans la pratique avec les objectifs à sec. C'est précisement ces considérations qui ont excité de longues et vives discussions entre les micrographes sur ce qu'on a appelé la question de l'ouverture. Et c'est aussi une des raisons qui ont amené le prof. Abbe à abandonner la notion de l'ouverture angulaire, laquelle n'a plus de sens à une certaine limite, pour la remplacer par celle de l'ouverture numérique qui s'applique à tous les cas.

L'ouverture numérique s'apprécie pratiquement à l'aide d'un petit appareil très-simple que l'on nomme *l'apertomètre d'Abbe* (fig. 49).

L'apertomètre, qui est un appareil qui se place sur la platine du microscope, se compose d'un demi-disque épais, en flint-glass, de 90 mill. de diamètre. Le diamètre libre est taillé en biseau, de façon à produire les effets d'un prisme à réflexion, conduisant horizontalement la lumière dans l'axe du microscope. L'objectif qui doit être examiné est ajusté sur le point central de la surface supérieure du disque. Les limites de l'ouverture se déterminent par des index qui glissent sur la périphérie du disque et dont l'image projetée par l'objectif dans le tube du microscope est mise à point à l'aide d'un

objectif accessoire qui se visse à l'extrémité inférieure du tube de tirage ; la mise-à-point s'opère alors en tirant plus ou moins ce tube de tirage.

Les index, mis à point comme il vient d'être dit, sont alors glissés le long du disque et, lorsque leur image est sur le point de disparaître du champ on lit leur position sur les deux échelles concentriques tracées sur le disque. L'une de ces échelles donne l'angle d'ouverture de l'objectif, la deuxième indique son ouverture numérique.

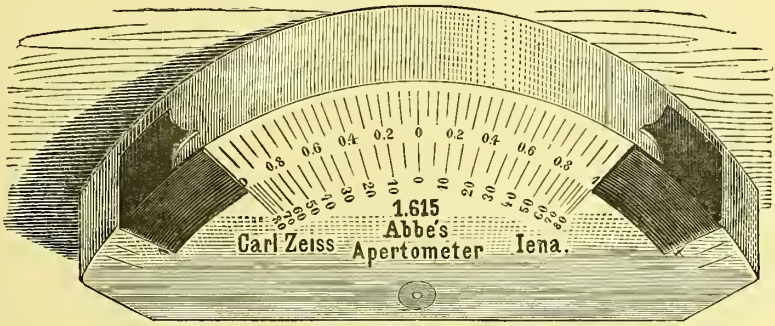


Fig. 49.

La possession d'un apertomètre rend les services signalés aux constructeurs et aux micrographes qui ont à faire de nombreuses comparaisons d'objectifs, mais on comprend que le travailleur qui n'a que quelques objectifs à sa disposition, comme c'est le cas habituel, n'a nul besoin de cet ingénieux appareil, et peut suffisamment apprécier l'ouverture de ses objectifs par l'examen de certaines diatomées.

En effet, les diatomées ont sur leur carapace siliceuse des dessins et des stries régulièrement espacées et qui, dans la même forme ne varient que dans de faibles limites.

Or à chaque ouverture numérique correspond, pour l'objectif, la faculté de résoudre un certain nombre de lignes ou de stries sur un espace donné.

On peut donc, avec une exactitude suffisante pour la pratique, apprécier l'ouverture d'un objectif par l'examen de certaines diatomées.

La Société royale de microscopie de Londres a publié un tableau qui indique le nombre de lignes que peut résoudre théoriquement un objectif bien construit d'une ouverture donnée.

Nous donnons ici un extrait de ce tableau pour les ouvertures numériques les plus usuelles des bons objectifs. Nous avons réduit au millimètre le nombre indiqué pour le pouce anglais (= 25,5 mm.)

Ouverture numérique.	Nombre maximum de lignes que l'objectif peut résoudre, par millim.			Diatomée correspondante, pour la lumière blanche et nombre moyen de stries.	Nombre correspondant des groupes des tests de Nobert.	
	dans la lumière blanche	dans la lumière monochromat bleue.	par la photogr.		Test à 30 gr.	Test à 19 gr.
1.63	6000		10000	Amphipl. en perles (5000 à 5100)		
1.40	5292	5737	6972			
1 30	4915	5327	6474			
1.25	4726	5122	6225			
1.20	4536	4917	5976			19e (4430)
1.15	4347	4712	5727			18e (4209)
1.00	3780	4098	4980	Amphipl. pellucida (3700)		16e (3766)
0.95	3591	3893	4731	Vanheurckia crassinerv. (3500)	30e (3544)	15e (3591)
0.80	3024	3278	3984	Vanheurckia rhomboides (2800)	25e (3000)	13e (3100)
0.60	2268	2458	2988	Pleurosigma angul. (2000)	16e (2264)	9e (2215)
0.40	1512	1639	1991	Pleur. Balticum (1500)	9e (1490)	6e (1550)
0.30	1134	1229	1494	Navicula elliptica (1100)	7e (1091)	4e (1108)
0.20	756	819	995	Navicula viridis (700)	4e (707)	2e (665 lig)

Nous indiquons en même temps la diatomée qui correspond à ce nombre et également le groupe du *test de Nobert*. Il faut toutefois bien considérér que le nombre indiqué est le chiffre théorique et qu'on ne doit pas espérer pouvoir l'obtenir dans la pratique ; mais, on pourra, si l'objectif est bien construit, obtenir la résolution de la diatomée ou du groupe de Nobert correspondant, en employant la lumière monochromatique bleue.

Cette liste peut être complétée comme suit pour les objectifs qu'il serait possible de construire encore. Notons cependant qu'il n'est guère croyable qu'on dépasse 2, et même qu'on atteigne cette ouverture. Pour aller jusqu'à 2.5 il faudrait que la lentille frontale soit en Diamant ou en Réalgar, ce qui est possible. Mais, il faudrait aussi que le cover et le slide de la préparation aient le même indice de réfraction, ce qui, à moins qu'on ne parvienne à faire artificiellement de grandes plaques de diamant, est très hypothétique. En outre, il faudrait que le liquide d'immersion ait le même indice, ce qui est bien plus problématique encore.

Quoiqu'il en soit nous avons ajouté les deux dernières ouvertures à simple titre de curiosité et pour montrer combien peu — relativement à ce que l'on a déjà aujourd'hui — apporteraient ces objectifs fabuleux.

Dans la liste suivante, les résolutions sont calculées simplement

pour l'éclairage axial ; pour la lumière oblique les chiffres doivent être environ doublés.

Résolutions théoriques des objectifs à ouverture numérique extrême.

Ouvertures numériques.	Nombre maximum de stries que l'objectif peut résoudre par millimètre dans l'éclairage axial.		
	dans la lumière blanche $\frac{a}{0.53}$	dans la lumière monochrom. bleue $\frac{a}{0.49}$	par la photographie $\frac{a}{0.40}$
1.70	3210	3470	4250
1.75	3300	3571	4375
1.80	3390	3673	4500
1.85	3490	3775	4625
1.90	3585	3800	4750
2.00	3775	4080	5000
2. 5 (Diamant et Réalgar)	4717	5100	6250

Le test de Nobert, que nous avons cité plus haut et dont nous reparlerons encore plus tard, consiste en une série de groupes de lignes tracées au diamant, sur une lamelle de verre. Dans chaque groupe successif, les lignes deviennent plus délicates et plus rapprochées. Il existe deux tests de Nobert, l'un a trente groupes : le premier groupe compte 443 lignes au millimètre et le dernier en compte 3544. Le deuxième test de Nobert et qui a été en dernier lieu fourni aux micrographes compte 443 lignes, par millimètre, dans le premier groupe, et 4430 lignes dans le 19e ou dernier groupe.

Ces tests portent le nom de l'habile opticien qui les construisait et qui est mort il y a environ cinq ans après avoir toujours gardé secret le procédé qu'il employait.

L'instrument dont se servait Nobert appartient aujourd'hui à M. Crisp, l'éminent trésorier de Société Royale de Microscopie de Londres.

Des tests analogues à ceux de Nobert sont, dit-on, fabriqués aujourd'hui en Amérique par Fasolt, mais nous ne les connaissons pas.

La faculté de montrer les détails, qui, comme nous venons de le voir, dépend de l'angle d'ouverture, se nomme le *pouvoir résolvant* de l'objectif.

Un objectif dont les aberrations sont bien corrigées définit bien les contours des objets qu'il montre et on dit qu'il a un bon *pouvoir définissant*.

Un objectif à grand angle, nous l'avons vu plus haut, a toujours

une distance frontale très petite et ne montre qu'un plan mathématique, aussi, pour les études histologiques, préfère-t-on des objectifs ayant un certain *pouvoir pénétrant*, c'est-à-dire montrant à la fois plusieurs plans et ayant plus de distance frontale. Ce sont des objectifs qui ont moins d'ouverture angulaire et qui, théoriquement, sont inférieurs.

Le professeur Abbe a établi avec raison qu'il fallait une certaine relation entre le grossissement et l'ouverture angulaire et il a publié à cet égard un long mémoire dans le journal de la R. M. S. de Londres. (1)

9. Du nombre des objectifs. Il est absolument inutile, pour quiconque veut se livrer même aux études microscopiques les plus sérieuses, d'avoir un nombre infini d'objectifs, à moins qu'on ne désire se livrer à des études de comparaison.

La série suivante suffit amplement :

Un objectif de	2 pouces	(48 mm.)	dont le grossissement initial est	5
« «	1 pouce	(24 mm.)	« « «	10
« «	1/2 «	(12 mm.)	« « «	21
« «	1/4 de pouce	(6 mm.)	« « «	41
« «	1/10e «	(2.5 mm.)	« « «	100

on peut toutefois remplacer le 1/4 de pouce par un 1/6e et le 1/10e par un 1/12e.

Il est bien entendu que les objectifs seront de première qualité et que le 1/10e ou le 1/12e sera à immersion.

Il faudra même que l'objectif soit apochromatique et à immersion homogène si l'on veut qu'il suffise à toutes les recherches.

On peut par contre restreindre la série et supprimer le 2 pouces et le 1/2 pouce si l'on n'a pas à suffire à toutes les recherches. L'objectif final pourra être alors un 1/12e à immersion dans l'eau.

Résumons les données précédentes.

1. *Série complète et parfaite* :

Objectif de 2 pouces.
« de 1 pouce apochromatique.
« de 1/2 pouce.
« de 1/4 ou 1/6e de pouce apochromatique.
« de 1/8e ou de 1/12e de pouce apochromatique homogène.

2. *Série incomplète mais suffisante pour la plupart des recherches.*

Objectif de 1/3 de pouce ou de 1/2 pouce.
« de 1/6e de pouce.
« de 1/12e « à immersion homogène.

(1) On the Relation of Aperture and Power in the microscope. J. R. M. S. 1883 page 790.

3. *Série très incomplète mais suffisante pour beaucoup de recherches courantes.*

Un objectif de 1 pouce et un objectif de 1/6e de pouce.

Les Tests.

1. — Tests usuels.

On appelle *Tests*, certains objets dont les détails sont bien connus et qui servent d'étalons pour apprécier la valeur des objectifs.

C'est en maniant les tests principaux dans tous les éclairages possibles que le débutant micrographe s'initiera à toutes les ressources de son microscope, sachant parfaitement, par les dessins publiés, quels sont les détails que l'objet doit montrer, il travaillera jusqu'à ce qu'il soit parvenu à mettre ces détails bien en évidence.

Le nombre des tests signalés par les auteurs est considérable, mais on peut se borner aux six suivants.

Pygidium de la Puce.
Podura plumbea.
Pleurosigma angulatum.
Surirella Gemma.
Van Heurckia rhomboides et var. crassinervis.
Amphipleura pellucida.

Si, à ceux-ci on peut joindre un test de Nobert, on aura de quoi suffire à tous les essais.

Nous allons étudier ces tests en détail.

Pygidium de la Puce. Le Pygidium de la puce est un excellent test pour juger de la bonne définition d'un objectif. Nous l'employons dans ce but depuis plus de 25 ans et nous sommes fort satisfait des résultats qu'il nous donne. Il faut toutefois se résoudre à préparer soi-même ce test, car nous n'en avons point encore vu de bon exemplaire livré par un préparateur.

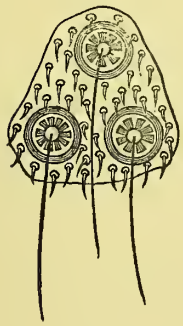


Fig. 50.

Le Pygidium de la puce (fig 50) se compose de deux lobes et montre trente-deux à trente-huit poils longs et raides implantés au centre d'autant d'aréoles et entourés chacun d'un rang de petites élévations cunéiformes. Les espaces inter-aréolaires sont couverts de petites épines.

Un excellent objectif doit montrer ces aréoles nettement définies dans toutes leurs parties, et les élévations doivent paraître cunéiformes et non rondes comme elles sont figurées par Dujardin. En outre, la couleur de l'objet doit être d'un jaune brunâtre bien pur sans la moindre apparence laiteuse.

PLATE VII.

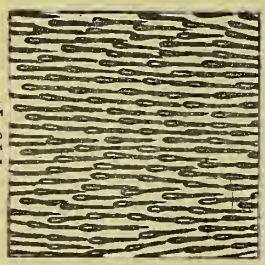


FIG 1

FIG 2

FIG 3

FIG 4

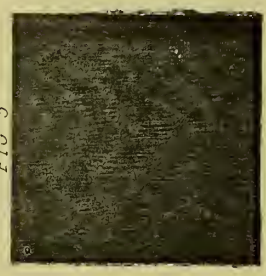


FIG 5

FIG 6

PODURA SCALE AS A TEST.

Each Square = .001 of an Inch, X 1,300

Fig. 51.

Podura. Sous le nom de *Podura* on désigne les écailles du *Podura plumbea* (*Lepidocyrtis curvicollis*). Cet objet qui est à peu près inconnu des micrographes du continent est le test de prédilection des observateurs anglais.

Les écailles montrent des marques que l'on a comparé, avec beaucoup de justesse, à des points d'exclamation. Lorsque l'objectif est bon et que la correction est convenable par rapport à l'épaisseur du couvre-objet employé alors ces marques sont nettement définies et traversées par une longue bande lumineuse.

Le *Podura* est un test de définition pour les objectifs d'au moins 1/4 de pouce, l'éclairage doit être bien axial et le condenseur achromatique et employé avec une ouverture de diaphragme peu grande.

Le *Podura* a été tout spécialement étudié par M. Richard Beck [1] et nous devons à l'obligeance de MM. R. et J. Beck la reproduction de la Planche VII (notre fig. 51) qui représente les différents aspects que prennent ces écailles dans diverses conditions.

Dans la fig. 1, on voit l'apparence des points quand la mise-au-point de l'objet est parfaite et que l'ajustement de la correction de l'objectif ne laisse rien à désirer.

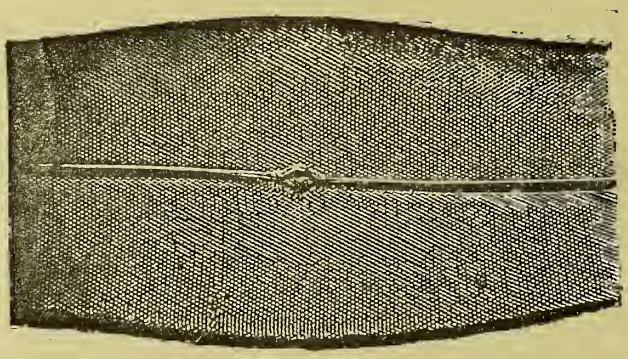
Dans la fig. 2, la correction de l'objectif est également parfaite mais l'objet se trouve un peu soit en dedans soit en dehors du foyer. Dans la fig. 3, la correction est parfaite mais la mise-au-point est très légèrement fautive. Dans les fig. 4 et 5, on voit l'apparence produite par une mise-au-point en dehors ou en dedans du foyer, combinée avec un ajustement imparfait de la correction, et, enfin, dans la fig. 6, la mise-au-point est parfaite mais la correction de l'objectif est mauvaise.

Le *Podura* permet aussi de bien juger les corrections chromatiques de l'objectif ; tous les objectifs achromatiques montrent les points d'exclamation fortement colorés, seuls les apochromatiques ne montrent qu'une légère trace de couleur.

Pleurosigma angulatum. Etudié avec des objectifs qui n'ont pas l'ouverture numérique suffisante, le *Pleurosigma* montre des valves d'un jaune brunâtre sans aucune apparence de marques ou de dessins. Quand l'ouverture devient modérée (p. ex. environ 0,6) on ne voit encore aucune marque dans l'éclairage axial diaphragmé, mais, si l'on éclaire, soit obliquement, soit, ce qui vaut mieux encore, à l'aide d'un large cône convergent donné par un condenseur employé avec un diaphragme à ouverture suffisante, alors on voit sur la valve trois séries de lignes se croisant sous un angle de 60° (fig. 52).

Avec les objectifs à immersion et les objectifs à grande ouverture, on peut voir la valve couverte de points parfaitement ronds. La nature

(1) *A Treatise on the Achromatic Microscopes* by Richard Beck, Londres 1865.



Pl. Ang. photographié à la lumière électrique.
Fig. 54.

Fig. 52.

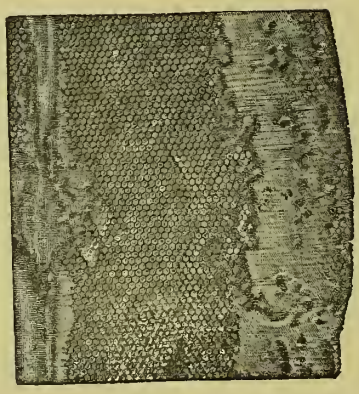


Fig. 53.

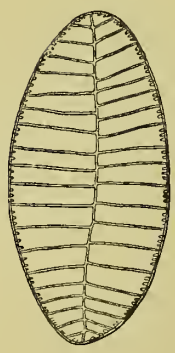


Fig. 55.

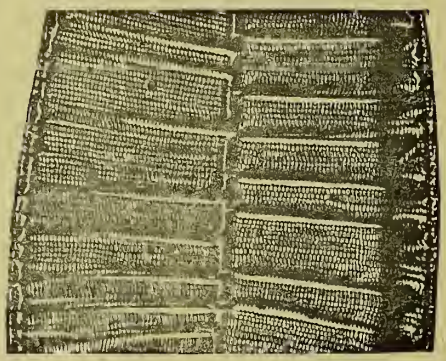


Fig. 56.

de ces points, qui ont été appelés *perles* (*beads*, en anglais), a été longtemps douteuse. On croyait généralement, et certains micrographes croient encore, que ce sont des demi-sphères en relief. D'autres disent que ce sont des creux. Enfin nous avons détaillé, dans notre *Synopsis des Diatomées*, les motifs qui nous font admettre que ce sont des cavités dans la couche médiane de la valve.

Dans certaines conditions d'éclairage et surtout avec le nouvel objectif de 1.63 d'ouverture numérique, au lieu de points ronds, on voit des hexagones (fig. 53 et 54). On pensait qu'il y avait là une simple illusion d'optique, mais nous avons démontré en Décembre 1889 que ces hexagones représentent réellement la forme des ouvertures du châssis ou couche médiane de la valve. L'apparence des points ronds est produite par la mise-au-point de la partie supérieure des ouvertures, là où il se forme des espèces de dômes par la couche supérieure de la valve qui vient fermer les ouvertures de la couche médiane.

Surirella Gemma. La diatomée de ce nom montre très facilement une apparence de lignes transversales au grand axe (fig. 55). On fait apparaître plus difficilement des lignes longitudinales et enfin, très difficile est la résolution en perles carrées bien nettes qui couvrent la valve en lignes un peu sinueuses (fig. 56). Pour y bien réussir il faut employer un bon objectif à immersion et un éclairage soit oblique soit mieux encore un large cône lumineux fourni par un condenseur d'une ouverture suffisante.

Les stries transversales qu'il s'agit de résoudre en perles sont au nombre d'environ 2000 par millimètre.

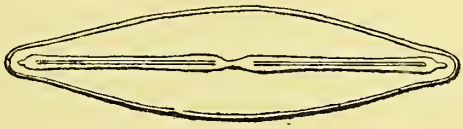


Fig. 57.

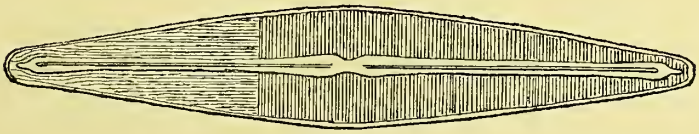


Fig. 58.

Van Heurckia rhomboides. Le genre *Van Heurckia* créé par l'éminent diatomographe A. de Brébisson renferme un petit nombre de formes toutes difficiles à résoudre.

Deux d'entr'elles sont des tests célèbres : le *Van Heurckia rhomboides* (fig. 58) et sa variété *crassinervis* (fig. 57).

Ces deux formes qui sont rhomboïdales lanceolées ont des lignes longitudinales et transversales qui se croisent à angle droit, les lignes longitudinales sont beaucoup plus robustes et plus faciles à résoudre que les transversales qui, dans le *rhomboides*, sont au nombre de 2800 par millimètre et dans le *crassinervis* au nombre de 3500 environ.

Le *Van Heurckia rhomboides* se résoud facilement en perles délicates à l'aide d'un objectif à immersion ayant 1.15 à 1.20 d'ouverture numérique. Celle du *V. crassinervis* (*Frustulia saxonica Rabh.*) est beaucoup plus difficile.

Amphipleura pellucida. Cette diatomée, qui est la plus difficile à résoudre de toutes celles que l'on emploie comme tests, a des valves lanceolées et un raphé terminé par deux nodules très allongés. Le nodule médian manque : avec beaucoup de peine on parvient à en trouver quelques traces.

L'*Amphipleura* (fig. 59) a des stries transversales excessivement difficiles à voir ; elles sont très fines et au nombre d'environ 3700 au millimètre.

Fig. 59.

La résolution de ces stries en perles est la plus haute difficulté de la micrographie. Elles ont été vues en premier lieu par nous, à l'aide du 1/12e homogène de Zeiss, sur une préparation argentée faite par feu le Dr A. Y. Moore. Nous sommes parvenu à en faire une photographie en 1884.

En 1887 nous avons réussi a photographier, par transparence, l'*Amphipleura* résolu en lignes longitudinales et en perles. Le cliché a été fait avec l'objectif 1/8e homogène apochromatique (O. N. 1.40) de Zeiss et une de nos préparations dans le médium jaune. Eclairage monochromatique solaire.

Ce photogramme a été reproduit dans les bulletins de la Société belge de microscopie du 30 Avril 1887.

Enfin, en Octobre 1889, l'objectif apochromatique de Zeiss, de O. N. 1.63 nous a permis de photographier l'*Amphipleura* parfaitement résolu en perles sur toute la surface de la valve.

Il n'est pas difficile de faire apparaître des lignes longitudinales sur les valves de l'*Amphipleura*, mais, ces lignes sont parallèles au bord des valves Les véritables lignes sont parallèles au raphé ou nervure médiane et *sont ondulées sur toute leur longueur* ce qui provient de ce que les perles ne sont pas placées exactement les unes au dessus des autres.

La planche phototypique, que nous donnons en regard de la page 63,

Fig. 1.

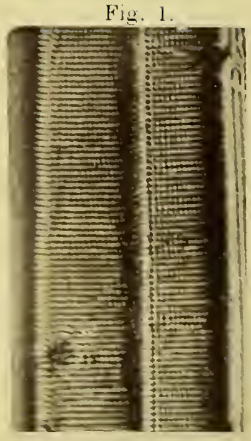


Fig. 2.

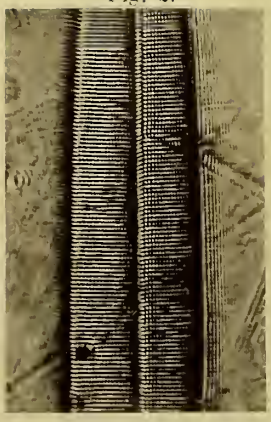


Fig. 3.

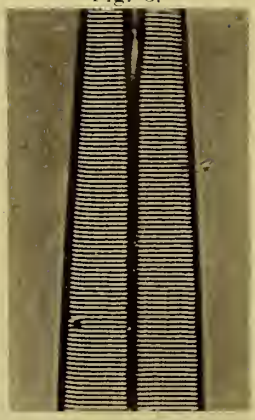


Fig. 4.

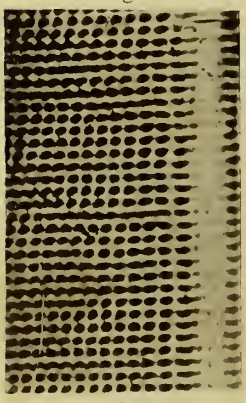


Fig. 5.

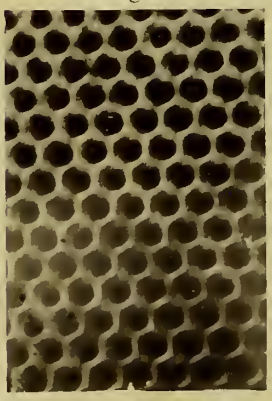


Fig. 6.

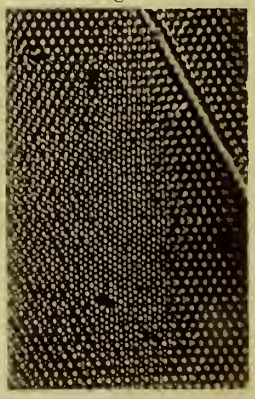


Fig. 7.

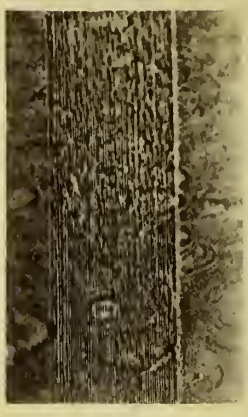


Fig. 8.

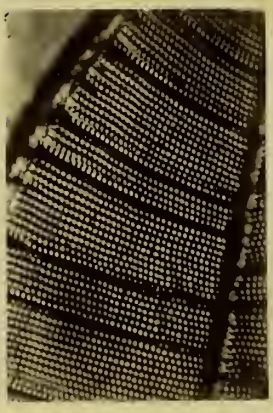
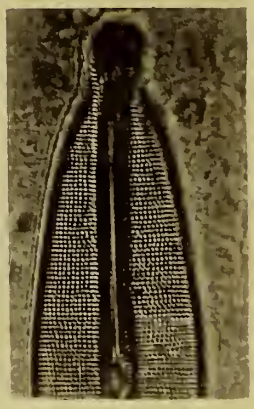


Fig. 9.



Dr. H. Van Heurck phot. J. Maes, phototyp.

Les Tests du Microscope.

C. Zeiss. Obj. 2,5 mm. N.A. 1,60. — Oc. 12 comp. — Condens. N.A. 1,6.
Lumière solaire monochromatique.

montre l'aspect que présentent les principaux tests quand on les examine avec l'objectif de Zeiss à O. N. 1,63 à l'aide de l'éclairage solaire monochromatique.

L'*Amphipleura pellucida Kütz.* est représenté dans les 3 premières figures. La résolution en lignes ou stries se voit dans la fig. 3 sous un grossissement de 2000 diamètres. Les perles se voient en 2 et 1 sous 2000 et 3000 diamètres.

Fig. 4. Fragment de la valve de l'*Amphipleura Lindheimeri Grun.*, espèce qui ne se distingue de l'*Amphipl. pellucida Kütz.* que par sa taille beaucoup plus considérable et sa striation plus grossière. On voit que les « perles » ou ouvertures du châssis sont carrées. 2500 diam.

Fig. 5. *Pleurosigma angulatum W. Sm.* Mise-au-point exacte sur les vides hexagonaux du châssis. Environ 10.000 diamètres.

Fig. 6. *Pl. angulatum W. Sm.* Mise-au-point sur la surface supérieure de la valve. On voit la partie supérieure des petits dômes et entr'eux des points formés par la mise-au-foyer imparfaite des côtes ou parois des hexagones.

Fig. 8. *Surirella Gemma, Ehr.* à 1000 diam.

Fig. 9. *Van Heurckia crassinervis Bréb.* à 2000 diam.

Tous ces photogrammes ont été faits avec le 1/10e de pouce de O. N. 1.63 de MM. Zeiss.

Lumière solaire monochromatique.

Oculaire correcteur spécial 12. — Condenseur 1. 6.

Préparations dans le médium 2.4.

Covers et slides en flint de 1.72.

Fig. 7. montre le 19e groupe du test de Nobert (4443 lignes au millimètre) ; ce photogramme a été fait avec le 1/12e de pouce apochromatique de O. N. 1.4 de M. Carl. Reichert de Vienne.

2. — Test de Nobert.

Un habile opticien allemand, feu J. A. Nobert, demeurant à Barth, en Poméranie, a imaginé de tracer sur verre des séries de lignes de plus en plus rapprochées les unes des autres. Les tests ou tables d'épreuve, comme Nobert les nomme, sont vraiment merveilleux et l'on a ignoré, jusqu'à sa mort, quel était le procédé employé par ce constructeur pour parvenir à tracer des lignes aussi fines et aussi rapprochées.

Nobert livrait deux séries de tests. La première série la plus ancienne contient 30 groupes de lignes et coûtait 120 francs. Nous donnons ci-dessous, d'après M. Harting, le nombre des lignes de quelques groupes :

Le groupe	n°	1	contient	443	lignes	au	millimètre.
»	»	»	5	»	806	»	» »

Le groupe n° 10 contient 1,612 lignes au milimètre.
» » » 15 » 2,215 » » »
» » » 20 » 2,653 » » »
» » » 25 » 3,098 » » »
» » » 30 » 3,544 » » »

Ce test se présente comme une préparation microscopique ordinaire. Les lignes sont tracées au centre d'un couvre-objet en verre et appliqué sur un porte-objet, en forme de préparation.

Il va sans dire que ces lignes deviennent de plus en plus difficiles à résoudre à mesure que l'on s'élève dans la série des groupes.

La construction des objectifs ayant fait des progrès, M. Nobert a construit un nouveau test n'ayant plus que 19 groupes, mais dont le 19e groupe est bien plus difficile que le 30e de la première série. Voici la distance et le nombre de lignes de ces 19 groupes :

Groupes.	Dans une ligne de Paris, d'après Nobert.	Dans un millimètre, d'après Harting, III, 374.	Nombre de lignes de chaque groupe.
1	1/1000e	443	7
2	1/1500e	665	10
3	2000e	886	13
4	2500e	1108	15
5	3000e	1329	17
6	3500e	1550	20
7	4000e	1772	23
8	4500e	1994	25
9	5000e	2215	27
10	5500e	2437	30
11	6000e	2658	34
12	6500e	2880	37
13	7000e	3100	40
14	7500e	3323	43
15	8000e	3544	45
16	8500e	3766	48
17	9000e	3987	51
18	9500e	4209	54
19	10000e	4430	57

Certains auteurs ont dit que les tests de Nobert sont de très peu d'utilité pour le micrographe, ils disent que les tests diffèrent entre eux à cause de la pression plus ou moins forte du diamant, de la nature du verre, etc. En outre, dit-on, ils ne serviront jamais à caractériser un bon objectif, car ils ne peuvent être étudiés que dans la lumière très oblique.

Nous contestons formellement tous ces points et nous sommes persuadé que l'on ne parle ainsi que faute d'avoir étudié suffisamment ce test dont le seul défaut est de coûter un peu cher.

D'abord, il peut servir tout aussi bien dans la lumière centrique que dans la lumière oblique ; ensuite ce test est bien loin d'être aussi variable qu'on le dit, les diatomées le sont infiniment plus et leur difficulté de résolution est influencée par une foule de circonstances d'âge, de localité, etc., comme le savent tous ceux qui ont fait une étude spéciale de ces êtres si intéressants.

Nous possédons les deux tests et nous nous en servons journellement depuis longtemps ; quoique ces deux séries de groupes dâtent d'une époque fort différente, ils sont parfaitement comparables entre eux et un objectif donné, qui nous permettra de résoudre un certain groupe du premier test, résoudra le groupe équivalent de l'autre test, rien de plus et rien de moins.

Feu le colonel Dr Woodward a figuré les 19 groupes dans une série d'admirables photographies qu'il a faites pour l'Exposition de Philadelphie. L'illustre micrographe a bien voulu nous envoyer ces photographies, et ce que nous voyons est bien identique aux images obtenues par M. Woodward.

Ces photographies étaient accompagnées d'un imprimé intitulé : *Memorandum on the nineteen-band test plate of Nobert.* Cet éminent savant qui consacrait tous ses instants à l'élucidation des points les plus difficiles de la micrographie et dont la compétence ne peut ici être révoquée en doute, s'exprime comme suit, dans ce memorandum ; nous sommes heureux de nous rencontrer avec lui sur tous les points :

« La plaque de Nobert, que nous venons de décrire, offre un admirable moyen de mesurer le pouvoir définissant des meilleurs objectifs. Elle paraît mieux adaptée à ce but que les diatomées qui sont si généralement employées, car les individus d'une même espèce varient considérablement pour la finesse des lignes. Quoiqu'il ne soit pas présumable que Nobert ait toujours atteint exactement le même degré de précision, l'examen d'un bon nombre de ces plaques montre que les déviations de la précision voulue sont si faibles qu'*elles sont pratiquement inappréciables.* »

3. — Test et Pröbe-Platten de Möller.

Un habile préparateur, M. Möller, de Weddel (Holstein), fabrique des tests fort précieux. Le test gradué ordinaire est formé de 20 diatomées placées sur une ligne et de plus en plus difficiles à résoudre.

Ce test peut jusqu'à un certain point remplacer le test de Nobert.

M. Ed. Thum, habile préparateur de Diatomées (35 Bruder Strasse, Leipzig) fournit des tests analogues.

Nous ne pouvons trop recommander aux micrographes de se procurer au moins ce test gradué, qui leur rendra les meilleurs services pour l'appréciation de la valeur relative des divers objectifs.

Nous donnons ci-dessous le nombre de stries des diatomées du test de Möller ainsi que de quelques autres diatomées souvent employées :

Nombre de stries des diatomées du Test de Möller avec l'indication des groupes de Nobert qui y correspondent.

	Nombre de stries de divers échantillons.	TEST DE MÖLLER. N°	Nombre de stries transversales (1).	TEST DE NOBERT à 19 groupes.
Lepisma saccharina (grand)	400 par mill.			
» » (petit)	700 à 900		par millim.	
Pinnularia nobilis	400 à 600	2	455	1er = 443 pr mill.
Hipparchia Janira.....	1000 à 1200			
Navicula Lyra var.....		3	640	2e = 665 »
» »		4	988	
Pinnularia interrupta var.....		5	1055	4e = 1108 »
Stauroneis Phœnicenteron.....		6	1330	5e = 1329 »
Grammatophora marina..... ..		7	1429	
Pleurosigma balticum.	1400 à 1500	8	1300	
» acuminatum		9	1734	
Nitzschia amphioxys.		10	1736	
Pleurosigma angulatum	2200 à 2300	11	1738	7e = 1772 »
Grammatophora subtilissima ...	variable.	12	2429	
Surirella Gemma	»	13	2153	
Nitzschia sigmoidea.....	3000 à 3100	14	2531	
Pleurosigma Fasciola		15	2225	9e = 2215 »
Surirella Gemma (long).....	3000 à 3200	16	2650	11e = 2658 »
Cymatopleura elliptica		17	2531	
Vanheurckia viridula (moyen)...	2700			
» rhomboides..... .	3000			
» crassinervis..... ...				
(Frustulia saxonica)	3400 à 3500	18	3193	13e = 3101 »
Nitzschia curvula		19	3334	14e = 3323 »
Amphipleura pellucida	3700	20	3614	Entre 15e et 16e groupes.

(1) D'après Morley in Monthly Mic. jour. T. XIII, p. 241.

4. — Test photographique de l'auteur.

Depuis nombre d'années nous employons comme test un détail de structure des *Pleurosigma*, détail que nous n'avons fait connaître jusqu'ici qu'à deux de nos amis.

Si l'on examine attentivement le nodule médian des *Pleurosigma* on y verra à chaque extrémité une petite boule terminée par un filet excessivement délié et qui va se perdre sous le raphé.

Il est probable que le filet est un canalicule et que la petite boule apparente en est l'évasement. Le tout est donc analogue à ce que l'on peut voir facilement dans les grandes navicules.

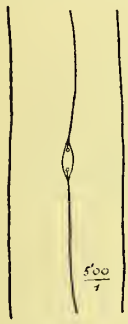


Fig. 60.

Quoiqu'il en soit le détail que nous signalons et qui se voit le plus nettement dans le *Pleurosigma Balticum* (fig. 60) est d'une délicatesse extrême et rend de grands services dans maintes circonstances.

Nous nous en servons fréquemment comme test ordinaire pour apprécier la définition des objectifs à grand angle, mais c'est surtout en photographie que son emploi est d'un grand secours.

En effet, le détail étant beaucoup plus délicat que n'importe quelle strie de diatomée, il devient invisible par la moindre différence dans la mise-à-point.

On peut donc l'employer en photomicrographie:

1° pour apprécier la définition des objectifs.

2° pour vérifier si l'objectif a un foyer chimique. Dans ce cas l'objet soigneusement mis à point sur le verre dépoli est photographié d'abord dans la lumière bleue monochromatique ensuite dans la lumière blanche ; s'il n'y a pas de foyer chimique l'image doit être également nette sur les deux clichés. Cette expérience nous permit de constater que l'objectif O. N. 1.6 de Zeiss n'avait nullement le foyer chimique qu'un micrographe anglais prétendait y avoir trouvé.

3° Enfin on peut aussi vérifier le parfait réglage des loupes dont on se sert dans la mise-à-point, réglage de grande importance. Ici, on employera un objectif apochromatique et un fort grossissement. L'objet bien mis à point sur le verre dépoli doit se montrer avec la même netteté sur le cliché si la loupe est bien réglée.

5. — Test du Prof. Abbe.

Le Test du Prof. Abbe est un appareil très simple, d'un prix très modique et absolument indispensable â tout micrographe qui veut travailler sérieusement. Ce petit appareil permet en effet de déterminer :

1° Si les aberrations chromatique et sphérique de l'objectif que l'on emploie sont bien corrigées.

2° Quelle est la meilleure épaisseur de couvre-objet pour un objectif employé à une longueur de tube donnée et, inversement, quelle est la meilleure longueur du tube pour une épaisseur donnée de couvre-objet.

3° Quelle est la meilleure position de la correction (pour un objectif qui en possède une) dans chacun des deux cas précédents.

Tous ces problèmes se résolvent très facilement avec le test d'Abbe.

Ce Test consiste simplement en un porte-objet ordinaire à la surface duquel (fig. 61) sont fixés six couvre-objets ayant respectivement

Fig. 61.

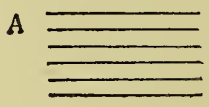
Fig. 62.

une épaisseur de 0,9 ; 0,11 ; 0,14 ; 0,17 ; 0,20 et 0,23 m/m. soit donc environ $^1/_{10}$e ; $^1/_9$e ; $^1/_7$e ; $^1/_6$e ; $^1/_5$e et $^1/_4$e de millim.

La surface inférieure (qui est collée à l'aide de Baume de Canada) sur le porte-objet, est argentée et dans cette argenture sont tracées une série de six bandes dont chacune se compose de lignes fines et très rapprochées (fig. 62).

L'emploi de l'appareil est très simple et se fait comme il sera indiqué ci-après ; il ne peut toutefois se faire qu'à l'aide d'un microscope muni d'un condenseur Abbe ou d'un appareil analogue.

On commence par mettre exactement au point un groupe de lignes de la plaque et cela fait on écarte le diaphragme de l'axe, dans le sens parallèle aux lignes, et on produit un éclairage oblique tel que le cône lumineux passe par la zône marginale de l'objectif.



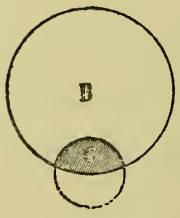


Fig. 63.

Ainsi, par exemple, si les lignes se trouvent dans la direction A (fig. 63), on placera le diaphragme de façon que, en regardant dans le tube, après enlèvement de l'oculaire, on voie en C l'ouverture du diaphragme dans le cercle B qui représente l'ouverture de l'objectif.

Si on emploie un objectif à immersion dont l'ouverture dépasse 1,0, on devra préalablement relier le porte-objet au condenseur à l'aide de quelques gouttes d'eau, de glycerine ou d'essence

de cèdre, sinon les rayons lumineux n'atteindraient pas la zône marginale de l'ouverture de l'objectif.

Ces dispositions préliminaires étant prises, on passe à l'essai.

Si l'objectif est à correction, on fait mouvoir celle-ci jusqu'à ce qu'on trouve la position dans laquelle la délimitation des lignes *examinées dans le milieu du champ*, apparait le plus nettement possible, c'est-à-dire, où les dites lignes ne présentent aucune nébulosité et où elles ne montrent non plus aucun contour vague. La nébulosité (ou laiteux comme on dit souvent) indique que la correction est dépassée ; si au contraire il y a sous-correction, les bords ne deviennent pas laiteux mais ils sont vagues et diffus. Si dans ce dernier cas, on ajuste l'objectif de façon à avoir l'image aussi nette que possible, cette netteté ne persiste pas quand on ramène le diaphragme de l'éclairage oblique à l'éclairage axial, au contraire, pour obtenir de nouveau une image nette il faudra changer la mise-au-point.

Si l'objectif est à monture fixe, on pourra par le même procédé trouver quelle est la meilleure épaisseur de couvre-objet pour une longueur de tube donnée, de même qu'inversement quelle longueur de tube convient le mieux pour une certaine épaisseur de couvre-objet.

Le procédé donne des résultats très sûrs, mais il faut naturellement un peu d'expérience de la chose pour être bien en état de distinguer les différences qui sont très délicates.

II. LES OCULAIRES.

L'oculaire a pour but d'amplifier l'image donnée par l'objectif, de la rendre plus plane et plus nette.

Les micrographes emploient diverses sortes d'oculaires, les plus utiles sont : l'oculaire d'Huygens, l'oculaire de Ramsden, l'oculaire orthoscopique, l'oculaire compensateur et l'oculaire à projection.

Oculaire de Huygens. C'est l'oculaire qui accompagne habituellement les microscopes. Il est formé de deux verres plano-convexes, à convexité regardant l'objectif et fixés aux extrémités d'un tube. Le plus petit des deux verres, celui qui agrandit réellement l'image est le plus près de l'œil, et porte le nom de *verre oculaire*. L'inférieur s'appelle *verre de champ* ou verre *collecteur*, il diminue le grossissement du verre oculaire mais rend l'image plus nette. Un diaphragme est placé à peu près au foyer du verre oculaire.

On joint aux microscopes une série d'oculaires de Huygens. Sur le continent on les numérote généralement de 1 à 5 ; en Angleterre on les marque soit 1, 2, etc., soit A, B, etc., jusqu'à F. Le grossisse-

ment des oculaires de Huygens va de 2,5 à 15. Au delà de 6 à 7 fois, ces oculaires perdent énormement en netteté et ils deviennent fort incommodes parce que l'œil doit se mettre tout contre la lentille supérieure ou verre oculaire.

Oculaire de Ramsden. Dans cet oculaire il y a encore deux lentilles plano-convexes, mais les convexités se regardent et les lentilles sont plus rapprochées. Cet oculaire agit comme une loupe et on l'emploie presqu'exclusivement pour les mensurations microscopiques parce que les divisions extrêmes de l'échelle micrométrique ne se déforment pas comme avec l'oculaire d'Huygens.

Oculaire orthoscopique. Cet oculaire est employé presqu'exclusivement pour la photomicrographie, par l'ancien procédé à l'aide de l'oculaire ; procédé qui, croyons nous, sera abandonné dans un avenir peu éloigné et remplacé exclusivement par l'emploi de l'oculaire à projection ou par l'oculaire compensateur.

Dans cet oculaire le verre de l'œil est achromatisé et concavo-convexe ; le verre de champ est biconvexe.

Oculaires compensateurs. Ils ont été imaginés par le Prof. Abbe et ne sont dans le commerce que depuis 1886.

Ils se composent d'une lentille plano-convexe placée au dessus d'une lentille biconvexe. Les lentilles sont rapprochées jusqu'à près de se toucher et aucun diaphragme n'est interposé. La lentille supérieure est simple, la lentille biconvexe au contraire est complexe ; une série de diaphragmes est placée sous cette dernière. Tels sont les oculaires 8, 12, 18 et 27.

Dans l'oculaire faible, c'est au contraire la lentille supérieure qui est achromatisée.

Enfin, dans les deux numéros très faibles n°s 1 et 2, les lentilles sont simples.

Dans les n°s 1, 2 et 4, il y a un diaphragme interposé entre les deux lentilles.

Les oculaires les plus faibles n°s 1 et 2, que l'on nomme *oculaires chercheurs*, n'ont pour but que de permettre de s'orienter dans la préparation.

Les autres sont les *oculaires de travail.*

Ces oculaires sont construits dans le but de corriger certains défauts inhérents aux objectifs apochromatiques et qui ne peuvent être éliminés par la construction de l'objectif lui-même. Ces oculaires donnent une image parfaite avec les objectifs apochromatiques et avec les autres objectifs à grand angle, mais, ils ne conviennent pas aux objectifs ordinaires à petit angle.

Le numéro de ces oculaires indique aussi le grossissement qu'ils donnent avec un objectif quelconque, pour la longueur de tube indiquée.

Ainsi donc, l'oculaire 4 amplifie 4 fois l'image donnée par l'objectif. Supposons que nous ayons à faire à un $^1/_{10^e}$ de pouce dont le grossissement initial est 100 ; nous aurons donc $100 \times 4 = 400$ pour grossissement total.

Ces oculaires sont aussi montés de telle façon qu'on puisse remplacer l'un par l'autre sans devoir changer la mise-au-point et tous (sauf le 27) permettent l'usage facile de la chambre claire.

Oculaires à projection. Ces oculaires, qui sont également dûs à M. le prof. Abbe, sont destinés à projeter sur un écran l'image donnée par l'objectif ; ils sont donc éminemment propres à la photomicrographie et tout fait croire qu'ils finiront par être exclusivement employés par tous les photomicrographes.

Ils sont en effet très commodes et donnent des images très nettes et très pures.

Ces oculaires se composent d'un verre projecteur petit, achromatisé, biconvexe, et d'une lentille collectrice ou verre de champ plano-convexe, à courbure dirigée vers l'objectif. Un petit diaphragme limite le champ de l'image et le verre projecteur qui est mobile peut s'en rapprocher plus ou moins.

L'ensemble du système est soigneusement corrigé chromatiquement et sphériquement, surtout au point de vue des aberrations chromatiques secondaires et des différences de foyer entre les rayons chimiques et les rayons optiques.

L'image projetée sur un écran ou sur la plaque sensible, conserve, dans toutes ses parties, exactement la même disposition que dans les observations ordinaires. Aussi, la préparation ayant été disposée comme on le désire, toute l'opération subséquente consiste à remplacer l'oculaire ordinaire par l'oculaire à projection et à visser ou dévisser le système projecteur jusqu'au moment où le bord du diaphragme se montre avec le maximum de netteté sur l'écran ou sur le verre mat de la chambre photographique. Plus la distance entre l'écran (ou le verre mat) et le microscope est petite et plus le système projecteur doit s'écarter du diaphragme : le système projecteur doit donc sortir d'autant plus fort du tube.

Du moment que l'image est bien nette on peut passer aux opérations photographiques qui se font comme à l'ordinaire. Un point qu'il faut cependant observer pendant le réglage préalable, c'est que, pendant toutes les opérations, le tube du microscope doit conserver exactement la même longueur et cette longueur est, naturellement, celle pour laquelle l'objectif est construit.

Les oculaires à projection sont, jusqu'ici, construits par MM. Zeiss, Reichert et Powell et Lealand ; les deux premiers constructeurs font des oculaires différents pour le tube continental et pour le tube anglais.

Les oculaires pour le tube continental (de 160 m/m) ont une amplification de 2 et 4 fois. Ceux pour le tube anglais de 250 m/m. sont marqués 3 et 6.

Ces chiffres indiquent directement la multiplication par l'oculaire du grossissement initial de l'objectif, ou, en d'autres termes, le rapport dans lequel la longueur focale de *tout* le microscope est *diminuée*.

Ainsi l'oculaire 2 diminue juste de moitié la longueur focale d'un objectif quelconque ; par conséquent un objectif de 3 m/m projette, *avec* cet oculaire, à une distance donnée, une image dont la grandeur est absolument identique à celle que donnerait, *sans* oculaire, pour la même distance, un objectif dont le foyer ne serait que de 1,50 m/m.

L'amplification linéaire d'une image projetée est le quotient de la distance entre l'image et le foyer postérieur du système de lentilles, divisée par la longueur focale de ce système. Le foyer postérieur du système de lentilles correspond dans le microscope juste au bord supérieur de l'oculaire.

Il résulte des données précédentes, que l'on obtient la valeur de l'amplification de l'image, pour une distance quelconque entre l'oculaire et l'écran, en divisant cette distance (exprimée en millim.) par la longueur focale de l'objectif employé et en multipliant le quotient obtenu par le numéro de l'oculaire.

C'est ainsi que l'objectif de 3,0 m/m donnera avec l'oculaire à projection n° 2, à une distance de 150 centimètres une amplification de 1000 fois :

$$\frac{1500}{3} \times 2 = 1000$$

Toutefois, cette règle ne s'applique exactement qu'aux grandes distances; avec les distances faibles, les résultats que donne le calcul sont trop élevés.

Le diamètre de l'image sur l'écran ou sur la plaque photographique comporte environ

le 1/5 de la distance de l'image avec les oculaires 2 et 3,
le 1/3 » » » » » » 4 et 6.

L'image peut être prise à une *aussi grande* distance de l'oculaire qu'on le désire. Le minimum de la distance entre l'oculaire et l'image peut être de 40 centimètres avec les n°s 2 et 4, et de 25 centimètres avec les n°s 3 et 6.

Les oculaires faibles sont préférables pour les projections à faire durant les cours ou les démonstrations, de même que pour la photographie à faible grossissement ou avec de longues chambres noires. Au contraire, les oculaires forts 3 et 6 seront préférés, quand on voudra photographier avec des chambres noires à faible longueur.

II. LA PLATINE.

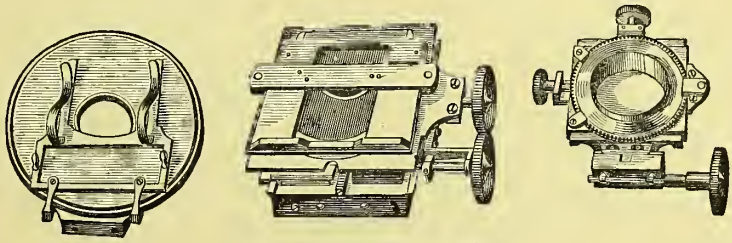
La platine doit être suffisamment grande pour qu'on puisse y appuyer les deux mains et assez épaisse pour qu'elle ne fléchisse pas sous la pression des doigts. On la fait généralement en laiton noirci ; parfois on la recouvre d'ébonite ou d'une plaque de verre noir pour qu'elle ne soit pas attaquée par les réactifs.

La platine porte ordinairement deux *valets* qui servent à maintenir la préparation.

Dans certains instruments la platine, — dite alors à tourbillon — peut faire un tour complet sur son axe en entraînant en même temps la partie optique située au dessus de cette platine ; il en résulte que tous les côtés de l'objet sont successivement soumis à l'éclairage, le miroir restant immobile. Cette disposition est coûteuse et l'emploi actuellement général des condenseurs qui y suppléent, tend à la faire abandonner. Elle est cependant utile quand on veut disposer l'objet dans une direction déterminée pour faciliter le dessin par la chambre claire.

Dans les instruments anglais de première classe la partie mobile de la platine tourne seule. Cette disposition est plus commode que le tourbillon mais elle exige une grande précision naturellement coûteuse dans la construction.

Chariot. Les grands instruments anglais, de même que ceux de M. Nachet ont une platine à chariot, c'est-à-dire composée de plusieurs pièces superposées mobiles à l'aide de boutons qui permettent de faire passer successivement dans le champ du microscope toutes les parties de l'objet que l'on examine et qui permettent aussi, une fois que l'objet est trouvé, de le maintenir en vue et de lui donner la position la plus avantageuse soit pour le dessin, soit pour les mensurations micrométriques.



Platines et sous-platine anglaises.

Fig. 64.

M. Reichert fabrique une espèce de chariot très-commode, que l'on enlève à volonté, mais cet appareil n'équivaut pas tout-à-fait au chariot des anglais.

Un appareil analogue se fabrique aussi par M. C. Zeiss (fig. 65).

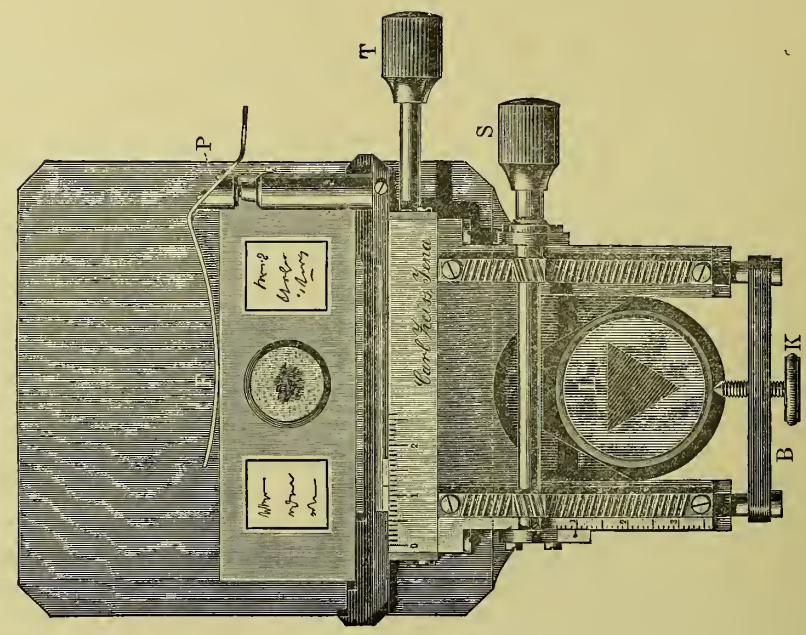


Fig. 65.

La gravure explique suffisamment sa construction. Comme on le voit cette platine se dépose simplement sur celle du microscope et on la fixe à la colonne du mouvement lent par l'intermédiaire de la lame B et de la vis K dont l'extrémité vient se loger dans un petit enfoncement qu'elle creuse dans la colonne lors de sa première application.

III. LES MOUVEMENTS.

Nous avons déjà indiqué les deux mouvements que doit posséder tout bon microscope. Pour le mouvement rapide, la crémaillière est très supérieure au mouvement de glissement et elle permet seule le maintien parfait du centrage du tube par rapport aux appareils d'éclairage.

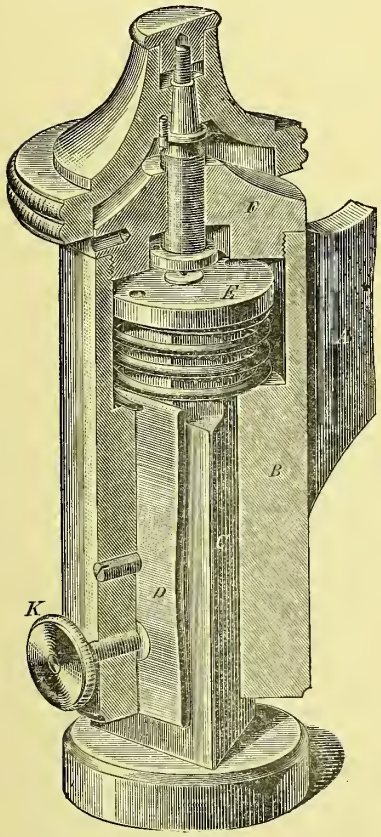


Fig. 66.

Le mouvement lent des microscopes est, en règle générale, produit par deux tubes emboités l'un dans l'autre, ronds ou triangulaires, qui tendent à s'écarter sous la pression d'un ressort à boudin. Une vis, à pas très fin et à cordon molleté, permêt de varier l'écartement de telle quantité désirée. On comprend, en examinant la figure 66 ci-contre, que par suite de cet écartement, le tube extérieur qui porte le tube du microscope, soit entrainé et que l'objectif se rapproche ou s'éloigne de l'objet.

Dans certains grands instruments le mouvement lent est d'une précision et d'une délicatesse extrêmes et il ne saurait trop l'être d'ailleurs, car le mouvement lent remplace l'accommodation de l'œil de l'observateur et c'est de la délicatesse du mouvement micrométrique que dépend la faculté de produire dans un objet des *coupes optiques* plus ou moins fines et qui permettent, par suite, d'apprécier plus ou moins bien la structure de l'objet examiné.

Dans le microscope construit sur nos indications par MM. Watson et Sons et que nous décrirons plus loin, le mouvement lent est communiqué au tube par un levier, et ce mouvement lent qui n'a absolument aucun temps perdu, est d'une précision telle que chacune des divisions du bouton correspond à un $^1/_{1300^e}$ de millimètre.

IV. APPAREILS D'ÉCLAIRAGE.

1. ÉCLAIRAGE PAR TRANSPARENCE.

Les appareils d'éclairage que l'on emploie dans les microscopes, pour l'éclairage des corps par transparence, sont les *miroirs* et les *condenseurs*. L'éclairage se modifie par des *diaphragmes*.

1. Miroirs.——Tout microscope est muni d'un miroir; dans les bons instruments le miroir est double, plan d'un côté, concave de l'autre; les miroirs des instruments anglais, sont beaucoup plus grands que dans les instruments continentaux, ils donnent par suite plus de lumière, ce qui est souvent avantageux.

On croyait anciennement que, à l'aide du miroir plan on obtient des rayons parallèles et que le miroir concave donne de la lumière convergente. Cela n'est pas ; le miroir plan donne aussi de la lumière convergente, car, toutes les sources lumineuses dont se sert le micrographe, pour le travail normal, donnant les rayons divergents, il en résulte que les rayons convergent par réflexion sur le miroir. On peut se demander alors comment il se fait que le miroir plan donne un éclairage moins intense que le miroir concave. C'est ce que M. Giltay* explique d'une façon très simple.

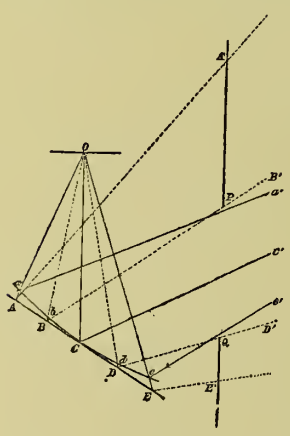


Fig. 67.

Admettons, dit-il, que P Q soit la source lumineuse ou l'ouverture qui en limite l'étendue, par ex. l'ouverture d'une fenêtre; le point O, dans ce cas, ne recevrait aucune lumière des parties extrêmes du miroir plan, soit selon les directions A O et E O, car les directions A' et E' qui y correspondent, n'en reçoivent pas non plus. La partie utile du miroir ne s'étend donc que de B à D. Enfin, le dessin montre encore que le miroir concave peut envoyer en O, de la lumière venant des points *e* et *a*, points qui sont situés au delà de A et E, ce qui démontre que la surface utile du miroir concave est plus grande que celle du miroir plan.

Toute la différence entre les deux miroirs consiste donc simplement en ce que le miroir concave peut recevoir et réfléchir sur un point donné un plus grand nombre de rayons, provenant d'une source lumineuse circonscrite, que ne le peut le miroir plan.

Un miroir bien établi doit pouvoir monter et descendre afin d'utiliser diverses tranches du cône lumineux qui tombe sur l'objet ;

* E. Giltay. Inleiding tot het gebruik van den microscoop. Leiden 1885.

il doit également pouvoir projeter le cône lumineux sous tous les angles possibles, en donnant ce que l'on nomme « *l'éclairage oblique* »; on réalise cette dernière condition en suspendant le miroir à une tige articulée.

2. Diaphragmes. —— Les diaphragmes sont des pièces de cuivre percées d'une ouverture que l'on met sur le passage du faisceau lumineux émanant du miroir et qui en enlève une partie plus ou moins grande.

On peut distinguer deux espèces de diaphragmes : 1° les uns qui enlèvent une partie des rayons périphériques du faisceau de lumière envoyé par le miroir ; 2° les autres qui enlèvent une partie des rayons du centre.

Pour remplir le premier but, on emploie soit une plaque percée d'ouvertures de divers diamètres et placée de façon que chacune de ces ouvertures puisse venir se présenter sous l'ouverture de la platine, soit un tube pouvant porter dans sa partie supérieure des rondelles de laiton percées de trous de grandeurs différentes et susceptibles de se rapprocher ou de s'éloigner de la platine.

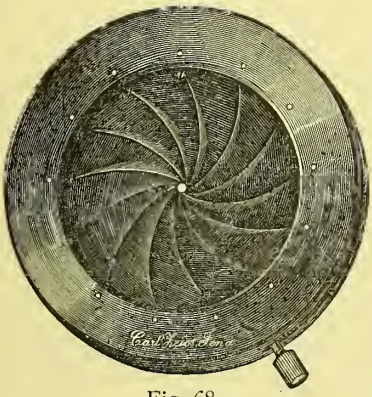


Fig. 68.

Ce second moyen, qui permet une meilleure graduation de l'éclairage, est préférable.

Depuis quelques temps une troisième sorte de diaphragme a été introduite. On le nomme *diaphragme-Iris* ou *diaphragme à contraction.*

L'invention de cette espèce de diaphragme, nous paraît avoir été faite par Ch. Chevalier. Nous nous rappelons avoir vu, il y a une vingtaine d'années, dans la collection du Dr Arthur Chevalier, une pièce construite, par son père, comme modèle, et qu'il avait nommée *pupille artificielle.* Elle était formée par un grand nombre de petites lames métalliques se recouvrant partiellement et disposées de telle façon que, à l'aide d'un bouton placé sur le cadre qui les contenait, on pût agrandir ou diminuer l'ouverture, qui, cependant, restait parfaitement circulaire.

Charles Chevalier n'a jamais, que nous sachions, appliqué sa « pupille » à un de ses instruments. Elle est restée à l'état de modèle, comme un grand nombre des idées de cet infatigable inventeur.

Le Diaphragme-Iris est supérieur à tous les autres ; il permet de graduer parfaitement l'éclairage et de le faire avec promptitude.

Pour enlever une partie des rayons du centre du faisceau de lumière, ce qui est souvent utile pour distinguer des détails très-délicats, on peut coller

sur un diaphragme à large ouverture une plaque de verre dont le centre est couvert d'une petite rondelle noire, ou bien encore. comme on le fait généralement, fixer pareille rondelle au centre d'un diaphragme au moyen de trois tiges minces en laiton.

Les diaphragmes se mettent en dessous, et très près de la platine quand on les emploie sans condenseur. Quand on emploie ce dernier appareil c'est sous la lentille inférieure que se met d' habitude le diaphragme. On peut bien aussi le mettre, pour certains éclairages obliques, au dessus de la lentille supérieure, mais cela présente parfois des inconvénients, p. ex. quand le condenseur doit être employé à immersion.

3. Condenseurs.——Le condenseur est un système de lentilles qui se met entre le miroir et la platine et qui permet de projeter sur l'objet un cône éclairant renfermant beaucoup plus de rayons que cela n'est possible avec le miroir seul.

Le premier condenseur véritable fut imaginé par Dujardin et peu après énormément perfectionné en Angleterre. Ils demeurèrent longtemps presque inconnus sur le continent quoique dès 1858 feu Nachet, le premier opticien de ce nom, qui était élève de Ch. Chevalier, s'établit pour son compte, eût imaginé un condenseur dont la partie optique est très voisine de la formule du condenseur du Prof. Abbe mais achromatique. Feu M. Villot, inspecteur général des musées impériaux, à Paris, nous fit connaître ce condenseur en 1865 et nous envoya en même temps le dessin exact de la disposition des lentilles et de leurs courbes, la lettre de ce micrographe nous permet de fixer la date. Plus tard, les collections de M. Mouchet, que nous acquîmes à sa mort, nous mirent en possession d'un de ces condenseurs primitifs qui est bien semblable au dessin de M. Villot. Quoique vieilli et d'un angle d'ouverture très inférieur à ceux que la maison Nachet fournit aujourd'hui (fig. 69), nous apprécions fort cet ancien condenseur que nous employons encore parfois utilement.

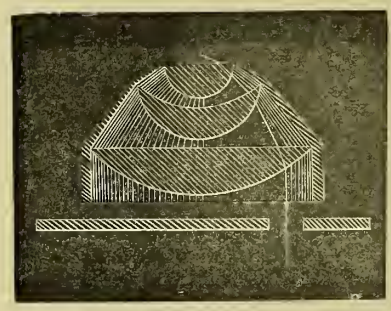


Fig. 69.

Ce ne fut qu'après que M. le Prof. Abbe eût en 1873 fait connaître le condenseur qui porte son nom que les micrographes du continent commencèrent à apprécier la valeur de ces instruments. Aujourd'hui tout bon microscope possède un condenseur Abbe. Nous sommes persuadé qu'on n'en restera pas là et que l'on finira par employer aussi, sur le continent, les condenseurs achromatiques qu'emploient les anglais.

Le nombre des condenseurs employés est considérable, il en existe de toutes les formes possibles, en Angleterre. Nous nous contenterons de

décrire ici le condenseur type d'Abbe et ceux de MM. Powell et Lealand qui sont réellement ce qui existe de mieux en ce genre.

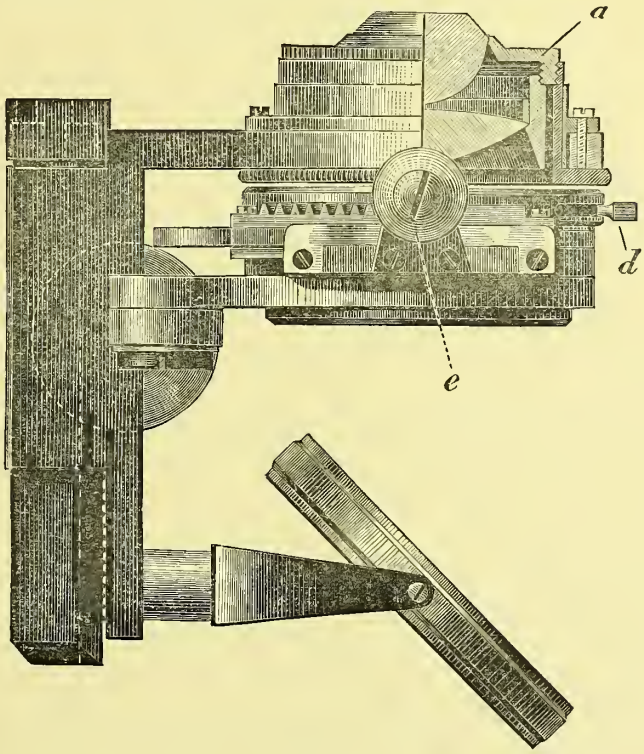


Fig. 70.

Condenseur d'Abbe. Cet appareil (fig. 70), qui est aujourd'hui fabriqué tant par la maison Zeiss que par tous les bons constructeurs, se compose essentiellement d'un condenseur, ou système de lentilles à grand angle d'ouverture, d'un porte-diaphragmes pouvant recevoir des disques à ouvertures variées, et d'un miroir plano-concave. Ces trois parties sont réunies sur une même monture, qui s'adapte, au moyen d'un coulisseau, sous la platine du microscope, après qu'on a retiré le miroir ordinaire de la coulisse où il est fixé.

La face plane de la lentille supérieure du condenseur doit arriver très près du niveau de la platine, afin qu'elle soit presque effleurée par la face inférieure du porte-objet. — Une crémaillière commandée par un pignon permet de hausser et d'abaisser à volonté tout l'appareil et par suite aussi d'amener le foyer sur le plan où repose l'objet que l'on examine.

Pour placer un diaphragme, ou pour le changer, on tire le porte-diaphragmes vers la droite, en le faisant pivoter sur son axe, puis,

l'opération terminée, on le ramène à sa place première par un mouvement en sens contraire. La crémaillière qui se trouve sur le porte-diaphragmes, sert, d'abord, à écarter l'ouverture du diaphragme plus ou moins de l'axe optique, et, ensuite, à promener l'ouverture autour de cet axe, pendant qu'elle se trouve ainsi dans une position excentrique. Pour cette dernière opération, la tige, qui porte le pignon, sert seulement comme levier. Par le premier des mouvements, que nous venons de signaler, on obtient tous les degrés de l'éclairage *oblique*, et, par le second, on change à volonté la *direction* de l'incidence du rayon lumineux.

La position centrale du diaphragme, qui donne l'éclairage *direct* ou *axial*, est marquée par l'arrêt d'une petite pointe à ressort, pendant la rotation de la crémaillère.

Pour les observations *par transparence* on fait usage des diaphragmes à ouverture centrale, et l'on choisit l'ouverture plus ou moins grande, selon la distance focale de l'objectif, la nature de la préparation et l'intensité de la source de lumière dont on dispose.

Si l'on veut observer des préparations dont les éléments sont apparents, non par l'inégale absorption de la lumière, mais bien par des différences de réfraction, l'emploi du diaphragme *le plus petit possible*, quoique donnant cependant encore une lumière suffisante. est généralement à recommander. Au contraire, pour examiner des préparations *coloriées*, particulièrement des bactéries, des bacilles, etc., on se sert avantageusement de diaphragmes à grande ouverture, ou même du condenseur sans aucun diaphragme.

Quand on veut observer *sur champ noir*, on fait usage des diaphragmes annulaires (qui sont en forme de roue) ; ils se placent, comme les autres dans le porte-diaphragmes, mais toujours dans la position centrale. Dans ce cas aussi, une réduction de l'ouverture de l'objectif est nécessaire, ou au moins avantageuse, et cela pour tous les systèmes, excepté cependant les plus faibles.

On obtient cette réduction à l'aide de diaphragmes spéciaux, qui se placent au dessus de la lentille supérieure de l'objectif, ou bien, qui se vissent entre le cône et les lentilles, quand ces parties peuvent se séparer.

Dans l'éclairage *sur champ noir*, les rayons utiles devant quand même traverser la préparation, on ne peut, par conséquent, adopter ce mode d'examen pour observer des objets opaques.

Les objectifs à correction ne peuvent être employés avec ce genre d'éclairage, parce que, chez eux, l'interception de la zône marginale ne s'effectue pas bien à l'aide d'un diaphragme.

Lorsqu'il s'agit d'obtenir avec les objectifs à immersion, un éclairage *aussi oblique que possible* ou un éclairage *sur champ noir* sous

un fort grossissement, il est avantageux de mettre une goutte d'eau sur la face plane de la lentille supérieure du condenseur, pour que l'espace qui se trouve entre cette lentille et le porte-objet soit occupé par un milieu plus réfringent que l'air. De cette façon, on rend utilisables, pour l'observation, des rayons qui, autrement, à cause de la réflexion totale qu'ils subissent sur la couche d'air, ne peuvent pas atteindre la préparation. Le condenseur est alors dit à immersion.

Lorsqu'on emploie le condenseur à grande ouverture pour l'éclairage oblique avec un objectif d'une ouverture numérique de plus de 1,33, il faut relier la lentille supérieure du condenseur au porte-objet, non à l'aide d'une goutte d'eau, mais par *une goutte d'huile de cèdre.*

Pour observer dans la *lumière polarisée,* le Nicol polarisant, grâce à une monture spéciale, est placé dans le porte-diaphragmes, et *recouvert d'un diaphragme ordinaire.* Pour le reste, on opère comme il a été dit ci-dessus. La lumière polarisée, ainsi bien que la lumière ordinaire, peut servir à l'éclairage oblique comme à l'éclairage axial.

Les feuilles de gypse ou de mica se placent au-dessus du Nicol, sur le porte-diaphragmes, et sont, à leur tour, recouvertes d'un diaphragme.

Il est de règle de se servir du miroir plan ; cependant, pour les observations avec des objectifs très faibles, le miroir plan ne permettant pas, le plus souvent, d'éclairer régulièrement tout le champ, on fait alors usage du miroir concave : c'est uniquement pour cela qu'il est joint à l'appareil.

Dans tous les cas, une fois que le miroir est dirigé convenablement pour l'éclairage, il n'est plus nécessaire de le déranger pour le changement des diaphragmes.

Si l'on doit observer à la lumière d'une lampe, l'emploi d'une lentille collectrice, aussi grande que possible, ou d'une boule de verre remplie d'eau, est très recommandable, pour obtenir un éclairage régulier sans que pour cela la flamme doive être trop rapprochée du microscope. — On installe la lentille ou la boule de verre entre la lampe et le microscope, dans une position telle que l'image de la flamme soit projetée sur le miroir.

La maison Zeiss construit aujourd'hui trois parties optiques pour ce condenseur. L'une a une ouverture numérique de 1,20, la deuxième de 1,40 et la troisième, qui ne dâte que de la fin de 1889, a 1,60 et est spécialement destinée au nouvel objectif de O. N. 1,60.

Ces trois parties optiques peuvent être changées à volonté.

Enfin, dans ces derniers temps, MM. Zeiss ont encore établi un condenseur achromatique qui peut également se mettre en place des précédents au dessus de la partie mécanique.

Ce condenseur a une ouverture numérique de 1,00 et est spécialement destiné à la photomicrographie.

Grâce à l'extrême ingéniosité de la partie mécanique du condenseur Abbe et à l'énorme ouverture qu'il permet de donner à la partie optique, cet appareil rend des services inappréciables et l'on ne peut plus guère s'en passer dans une recherche sérieuse. Il est toujours avantageux surtout pour la photographie, que la partie optique chromatique soit remplacée par un système achromatique.

Condenseurs de MM. Powell & Lealand. Sauf l'énorme ouverture de 1,6, obtenue dans ces derniers temps dans le condenseur Abbe, les condenseurs de MM. Powell & Lealand, réalisent tous les effets que l'on peut obtenir avec les autres appareils quelconques ; mais, ils le font en outre, surtout les *achromatic oil condensers*, avec une perfection qui n'est pas surpassée.

Ces Messieurs construisent quatre condenseurs que nous allons examiner successivement.

Chromatic oil condenser. Ce petit appareil, aussi ingénieux que peu coûteux, convient parfaitement pour la résolution des diatomées dans la lumière oblique.

La partie optique est formée de deux lentilles superposées et serties de façon à ne pouvoir être dévissées. La partie mécanique consiste en un tube se plaçant dans le substage et portant supérieurement la partie optique. A l'aide d'un petit levier, que l'on pousse latéralement, on démasque successivement une ouverture centrale donnant l'éclairage axial, puis une ouverture marginale donnant une lumière faiblement oblique. En poussant encore le levier un cran de plus on obtient l'éclairage très oblique et enfin un dernier cran donne deux ouvertures marginales placées à angle droit.

Le condenseur s'emploie à sec, à l'eau ou à l'huile et donne alors un éclairage à ouverture numérique de 1,35.

En remplaçant la partie optique, que nous avons décrite, par une autre dont la lentille supérieure a la partie médiane tronquée et mâtée on obtient une O. N. de 1,40.

Ce petit appareil peut servir non seulement pour les diatomées mais dans tous les cas où on emploie le condenseur Abbe, sauf celui où l'on doit avoir l'ouverture axiale très grande.

Achromatic condenser. Le condenseur achromatique de MM. Powell & Lealand a une ouverture de 170°; il jouit en Angleterre d'une immense réputation et c'est avec son aide que jusqu'à ces derniers temps se sont faits les travaux les plus importants de MM. Beale, Dallinger, etc.

Ce condenseur a une partie optique formée de trois lentilles placées à une certaine hauteur au dessus des diaphragmes. Ceux-ci forment une double série placée l'une au dessus de l'autre. La série supérieure a des ouvertures de plus en plus grandes comme dans les diaphragmes tournants ordinaires. La seconde série possède des dia-

phragmes annulaires et des ouvertures de formes variées. Les deux séries peuvent tourner ensemble ou isolément à volonté.

Achromatic oil condenser. Plus parfait que le précédent, la partie optique peut s'employer à sec, à l'eau et à l'huile et son O. N. est alors de 1,35.

La partie optique est formée de 4 lentilles, très grandes, superposées et très rapprochées.

La partie mécanique consiste en un tube où un anneau, à mouvement excentrique, reçoit des plaques-diaphragmes très variées que l'on amène ensuite sous la lentille inférieure.

Il faut, chaque fois que l'on veut changer le diaphragme, abaisser tout le condenseur ce qui est très incommode. Cet ennui n'existe pas dans le condenseur apochromatique.

Condenseur apochromatique. Ce condenseur est l'appareil le plus parfait qui existe actuellement. MM. Powell et Lealand ne l'annoncent pas dans leur prix-courant et nous croyons qu'ils ne le font que sur commande spéciale. Très difficile à construire il est naturellement fort coûteux, son prix est de 300 fr.

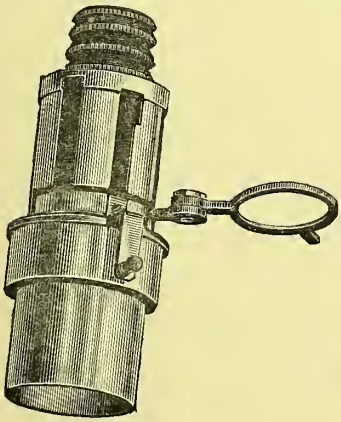


Fig. 71.

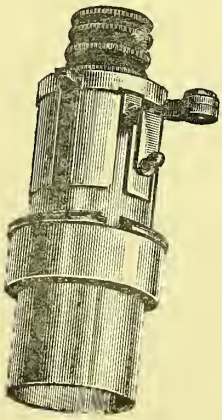


Fig. 72.

La partie optique qui a une O. N. de 1.40 est formée de quatre lentilles superposées et l'ensemble est apochromatisé.

La partie mécanique permet tous les éclairages imaginables. Elle est formée d'un tube entrant inférieurement dans le sub-

Fig. 73.

stage et portant supérieurement la partie optique (fig. 71 et 72).

Dans ce tube glisse un autre tube portant, comme dans le condenseur précédent, un anneau à mouvement excentrique. Mais, comme ce deuxième tube peut monter et descendre à volonté, on n'a pas besoin, pour changer les diaphragmes, de déranger la position du condenseur, et, en outre, ce mouvement du tube intérieur permet de porter le diaphragme à une distance

notable des lentilles. On réalise ainsi le mouvement des diaphragmes à tube (sans condenseur) et on peut ainsi varier l'éclairage par gradations insensibles en même temps que, par le changement des diaphragmes, on obtient tous les éclairages imaginables.

Règles pour l'emploi des condenseurs. —— Le condenseur du Prof. Abbe est monté sur le microscope d'une façon fixe, sauf, dans les instruments construits depuis un an environ. Cela présente des avantages pour les observations courantes, mais par contre on ne peut réaliser certaines recherches *dans l'image de la flamme*, recherches qui ont pour objet la solution des plus difficiles problèmes de la microscopie, p. ex. les derniers détails de la valve des diatomées, le flagellum des bactéries, etc. Les règles suivantes s'appliquent donc aux condenseurs quelconques pouvant être élevés et abaissés dans l'axe optique du microscope.

On commence par mettre à point, aussi bien que possible, l'objet déposé sur la platine et, ensuite, à l'aide du miroir plan on dirige l'image de la source lumineuse de façon qu'elle vienne tomber au milieu du champ et on monte ou on descend le condenseur jusqu'à ce que cette image soit vue distinctement et avec toute la netteté possible. C'est ce que l'on nomme observer dans l'image de la flamme, car cet éclairage là, qui s'emploie le plus souvent le soir, permet l'observation de détails qui sont invisibles dans tout autre mode d'éclairage.

Toutefois, cet éclairage est parfois désagréable et, dans les observations qui ne comportent pas une haute précision, on descend le condenseur jusqu'à ce que le champ du microscope soit uniformément éclairé. Si la lumière était trop vive on la modérerait à l'aide d'un verre bleu ou neutre.

Si l'on se sert du condenseur avec la lumière du jour, on commence également par mettre l'objet bien à point, puis on dirige le miroir vers un objet éloigné que l'on met également à point en en faisant coïncider l'image avec celle de l'objet. On change ensuite le miroir de position, sans toucher au condenseur, et on le dirige vers un nuage blanc, un mur éclairé ou toute autre source de lumière.

Dans l'éclairage du jour comme dans l'éclairage du soir, on emploie avec le condenseur un diaphragme approprié, c'est-à-dire, permettant de voir l'objet nettement et non noyé dans la lumière. Si on veut l'éclairage oblique, au lieu d'un diaphragme à ouverture centrale on employera soit un diaphragme à ouverture annulaire soit un diaphragme à ouverture excentrique et on sera, dans ces derniers cas, obligé de remonter légèrement le condenseur pour avoir une lumière convenable.

Enfin, un dernier mode d'éclairage et qui permet de tirer un excellent parti d'un objectif quelconque est celui-ci.

On écarte le miroir de l'axe, on incline le microscope et on le dirige de telle façon que l'image de la source lumineuse vienne se montrer directement, de même qu'elle le faisait par l'intermédiaire du

miroir. Toutes les autres opérations se font comme quand on se sert du réflecteur.

2. ECLAIRAGE DES CORPS OPAQUES.

L'éclairage des corps opaques peut se faire : 1° par le miroir, 2° par des lentilles condensatrices, 3° par un miroir de Lieberkuhn, 4° par le « Vertical illuminator. »

1. **Miroir.** Certains microscopes anglais et américains sont construits de façon que l'objet mis sur la platine forme le centre de rotation de toutes les parties de l'instrument. Tel est entr'autres le beau « Radial de Wenham » construit par Ross et où ces mouvements sont réalisés de la façon la plus complète et la plus précise. Dans cet instrument et dans d'autres analogues, tels que le Ross-Zentmayer, etc., le miroir peut venir au dessus de la platine. On n'a donc besoin d'aucun appareil accessoire pour éclairer les corps opaques si on les examine avec des objectifs ayant une distance frontale suffisante pour permettre à la lumière d'arriver sur l'objet.

Cette dernière condition est d'ailleurs également exigée avec les lentilles condensatrices.

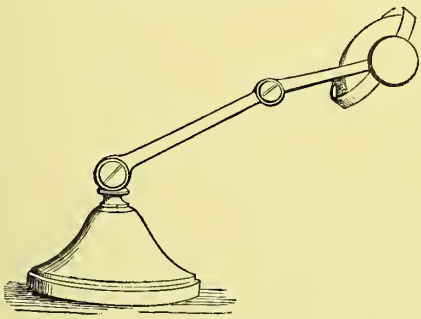


Fig. 74.

2. Lentilles condensatrices. Les lentilles condensatrices sont tout simplement des loupes plano-convexes, de grande taille, portées sur un pied, et qui, à l'aide de diverses articulations, peuvent être dirigées dans tous les sens (fig. 74). A l'aide de ces loupes que l'on place entre le microscope et une source lumineuse, on peut projeter sur l'objet un faisceau de rayons condensés.

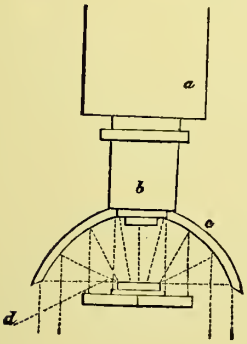


Fig. 75.

Miroirs de Lieberkuhn. Ces appareils ne s'emploient plus que rarement. Ce sont des miroirs concaves en argent ou en verre argenté, construits de façon a projeter sur l'objet un faisceau de rayons condensés (fig. 75). Le miroir sert de source lumineuse ; il faut donc que sur les côtés de l'objet il y ait un espace libre et suffisant pour que les rayons envoyés par le miroir puissent parvenir au Lieberkuhn. Il faut un Lieberkuhn spécial pour chaque objectif.

4. **Vertical illuminator.** Ce petit appareil, imaginé par notre ami le Prof. H. L. Smith, est aussi ingénieux que peu coûteux.

Le vertical illuminator se compose d'une petite boite cylindrique en cuivre qui se visse au dessus de l'objectif et qui renferme une tige terminée par un cover et doué d'un mouvement de rotation autour de son axe (fig. 76). La boite a une petite ouverture latérale. Par cette ouverture on projette un faisceau lumineux sur le cover incliné de 45°. Ce faisceau va traverser l'objectif qui le concentre sur l'objet, et de là revient à l'œil de l'observateur. Cet appareil peut s'employer avec tous les objectifs et donne surtout des résultats excellents avec les objectifs puissants. Il permet la résolution de détails très difficiles, et c'est avec son aide que nous avons pu réussir nos premières photographies des perles de l'*Amphipleura*. Les valves étaient argentées par dessous et formaient donc objet opaque.

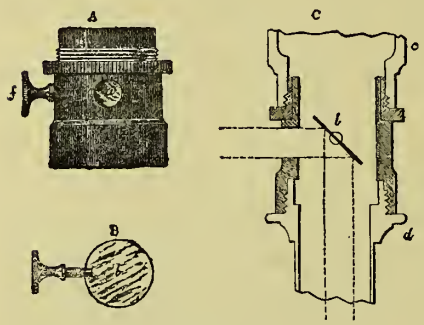


Fig. 76.

CHAPITRE III.

Les appareils accessoires.

Nous avons, dans le chapitre précédent, examiné le microscope et toutes les parties essentielles qui le constituent. Il nous reste à examiner divers appareils accessoires qui sont d'une haute importance dans certaines recherches et qui même sont indispensables dans beaucoup de cas.

Ces appareils servent, soit à mesurer la grandeur des objets, soit à en permettre le dessin (chambres claires), soit à mieux faire reconnaître leur nature (polarisateurs et spectroscope). D'autres permettent de retrouver plus tard un objet vu une première fois ; d'autres encore facilitent le travail (oculaire à dissection et prisme redresseur) ou permettent le changement rapide des objectifs : revolvers et adapteurs. Nous allons les examiner successivement.

Micromètres. —— Les mensurations microscopiques se font à l'aide de *micromètres*. On distingue le micromètre-oculaire et le micromètre objectif.

Micromètres-oculaires ou oculaires micrométriques. L'oculaire-micromètre est l'appareil qui sert au micrographe à mesurer la grandeur réelle de l'objet qu'il étudie. On en construit diverses espèces qui toutes reposent sur le même principe qui est celui-ci : établir au foyer du verre oculaire une échelle fixe dont on connaisse exactement la valeur, afin que l'on puisse comparer la grandeur de l'objet aux divisions de cette échelle.

fig. 77.

L'oculaire micromètre le plus usité consiste en un oculaire ordinaire contenant une lame de verre sur laquelle sont tracées des lignes équidistantes, généralement c'est un centimètre divisé en 100 parties (fig. 77). Ce verre peut être fixé dans une position invariable, c'est ce que font la plupart des constructeurs, ou bien il peut être mobile tout en restant dans le même plan ; ce dernier modèle, adopté par M. Hartnack et M. Bénèche (fig. 78), est plus coûteux que l'oculaire-micromètre ordinaire, mais, par contre, présente plus de facilité pour faire coïncider le bord de l'objet avec l'une des divisions de l'échelle.

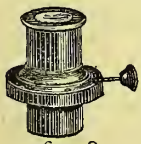


fig 78.

Le micromètre-oculaire que nous venons de décrire est

d'une précision suffisante; toutefois on emploie aussi un micromètre infiniment plus précis et en même temps plus commode : c'est le micromètre à fils parallèles ou micromètre de Ramsden, que l'on utilise aussi dans les observations astronomiques.

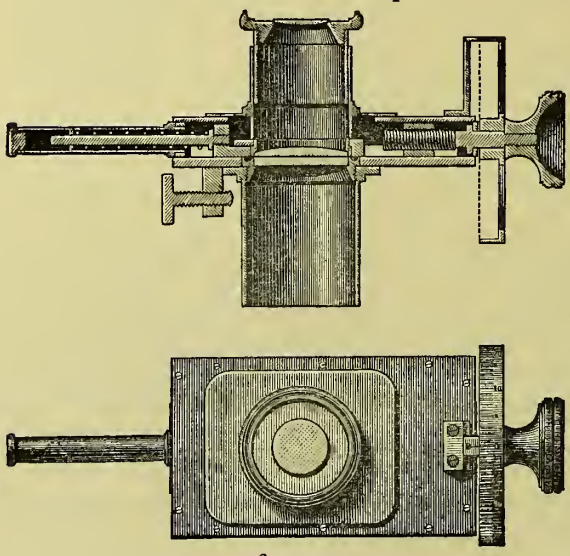


fig. 79.

L'instrument, tel qu'il est construit par la firme Carl Zeiss, se compose d'un oculaire positif placé devant une plaque de cuivre divisée en parties égales par des dentelures; au milieu de la plaque se trouve fixé un fil d'araignée qui partage en deux le champ du microscope. Sous cette plaque immobile. se trouve un cadre en cuivre qui est mobile dans le même plan et sur lequel est fixé un deuxième fil d'araignée, placé parallèlement au premier. Ce cadre est ajusté de telle façon que le fil qu'il porte peut venir se cacher sous le premier fil et s'en écarter à toutes les distances voulues. Cet écartement se fait en tournant un bouton placé sur le côté de l'oculaire et qui porte un tambour divisé en cent parties, chacune de ces divisions venant se placer successivement devant un index.

L'écartement des dents que l'on voit dans le champ est tel que le fil se trouve exactement au milieu d'un espace interdentaire chaque fois que le tambour revient à la division marquée O. On place donc l'objet de telle façon que les fils en touchent les deux bords ; on compte alors le nombre de dents que l'on multiplie par 100 et l'on y ajoute le nombre de divisions marqué par le tambour. Le total donne la grandeur relative de l'objet.

Ce micromètre permet de mesurer des corps infiniment petits ; il est donc fort précieux pour mesurer le nombre de stries des diatomées sur un espace donné.

La valeur de chaque division du tambour doit être déterminée préalablement par l'observateur (le tube gardant une longueur invariable) aussi bien dans le micromètre à fils parallèles que dans le micromètre-oculaire ordinaire. Nous indiquerons comment cela se fait, au chapitre traitant de la mensuration des objets microscopiques.

Micromètre objectif. Le micromètre objectif consiste en une lame

de verre sur laquelle sont gravées des divisions fort fines. Les premiers micromètres utiles qui paraissent avoir été construits sont ceux de Lebaillif. Nous possédons la machine ingénieuse que ce savant fit, il y a cinquante ans, pour les tracer et qui remplit admirablement son but. Lebaillif allait jusqu'à diviser le millimètre en 500 parties. Des perfectionnements que nous avons apporté à cet instrument nous ont permi de pousser ce nombre infiniment plus loin.

Le micromètre employé habituellement est un millimètre divisé en 100 parties.

Ce micromètre est l'échelle dont on se sert pour établir la valeur des divisions du micromètre oculaire.

2. Chambres claires. —— Le but de la chambre claire est de projeter sur le papier l'image de l'objet que l'on voit au microscope, et de telle façon qu'une main inexercée au dessin puisse en suivre les contours sans difficulté.

On fabrique diverses espèces de chambres claires ; elles consistent ordinairement en des prismes que l'on place devant l'oculaire.

Un appareil de cette nature, très commode, c'est la chambre claire d'Oberhauser. Elle se compose d'un prisme plus petit que la pupille et fixé à demeure devant un oculaire spécial. Au-dessus de ce prisme est annexé un anneau de laiton noirci, près duquel on approche l'œil. L'on voit alors en même temps et le papier et l'image réfléchie par le prisme.

L'oculaire s'adapte à une piece coudée renfermant un prisme rectangulaire à l'intersection du coude. Le tout se fixe au microscope vertical qui se transforme par ce moyen en microscope horizontal. On peut, à volonté, enlever l'oculaire-chambre claire et se servir du reste de l'instrument comme microscope horizontal ordinaire.

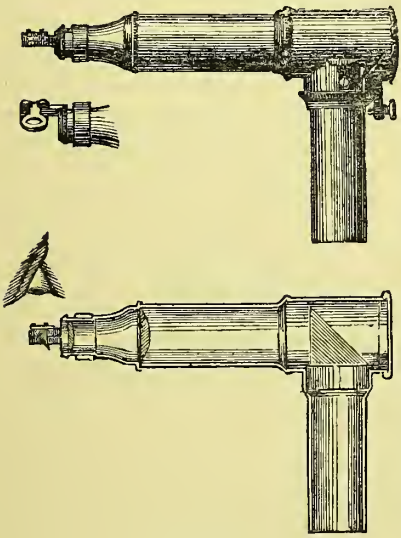


Fig. 80.

Nous donnons ici, figure 80, le dessin de la chambre claire d'Oberhauser.

L'appareil que nous venons de décrire est très-utile quand on se sert de grossissements faibles et moyens ; mais il n'est pas également facile à manier pour les grossissements très puissants, à cause de la grande quantité de lumière absorbée par les deux prismes.

Une chambre claire extrêmement facile à employer, aussi bien avec les grossissements forts que faibles, est celle qui est due à Arthur Chevalier et qui est destinée à projeter sur une surface horizontale l'image donnée par un microscope vertical.

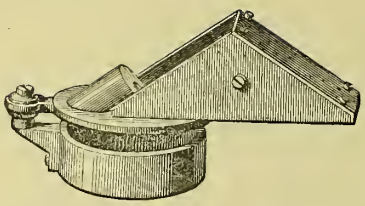


Fig. 81.

Elle consiste (fig. 81) en un petit miroir d'acier, à une certaine distance duquel se trouve un prisme dont l'hypothénuse est étamée.

La chambre claire de Nachet est également fort bonne (fig. 82).

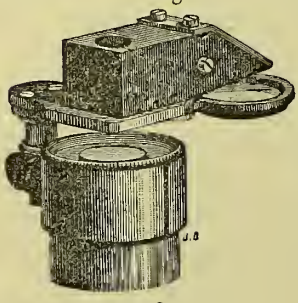


Fig. 82.

Elle est formée d'un prisme rhomboïdal dont l'une des faces placée obliquement devant l'oculaire porte un deuxième prisme très petit. Le tout est renfermé dans une petite boite de cuivre que l'on peut à volonté rapprocher ou écarter du verre oculaire.

Dans les chambres claires, que fournit actuellement l'habile constructeur parisien, le petit prisme est supprimé et la réflexion se fait sur une couche d'or très mince. Cette couche est tellement fine qu'elle permêt la vision parfaite de l'objet par transparence en même temps que son pouvoir réfléchissant est suffisant pour montrer nettement le crayon.

M. Nachet construit également des chambres claires qui s'adaptent au microscope incliné. C'est de ce modèle excessivement commode que nous nous servons à peu près exclusivement pour tous les dessins que nous faisons.

M. le prof. Abbe a imaginé dans ces derniers temps une chambre claire très recommandable. Dans cet appareil, que nous représentons ci-contre (fig. 83), le papier se montre par suite d'une double réflexion produite

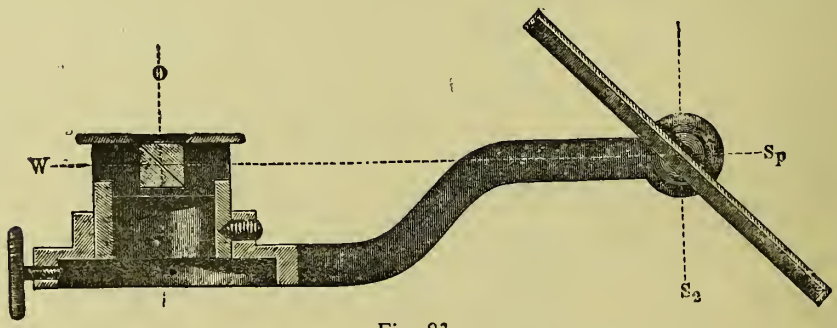


Fig. 83.

d'abord par un miroir plan *Sp* et ensuite par la face argentée d'un petit prisme. L'image microscopique se voit directement par une ouverture pratiquée dans l'argenture du prisme. Grâce à la concentricité des faisceaux lumineux provenant d'une part du microscope et d'autre part de la surface du papier et qui arrivent simultanément à l'œil, on peut sans

peine tenir la pointe du crayon en coïncidence avec l'image, et on peut, sans déformation sensible dessiner sur un plan horizontal.

L'intensité de la lumière réfléchie par le papier se règle au moyen de deux verres enfumés qui se placent dans une coulisse adaptée à la monture du prisme.

La figure 84 ci-dessous montre comment on dispose le microscope, quand il peut s'incliner, pour l'adaptation de la chambre claire. Il faut, quand on emploie cet appareil, régler l'éclairage du microscope de telle façon qu'il soit à peu près égal à celui du papier sur lequel on dessine ; quand la lumière est plus intense sur le papier que dans le microscope, on ne parvient pas à voir suffisamment bien la pointe du crayon. On diminue donc la lumière du papier au besoin par un écran.

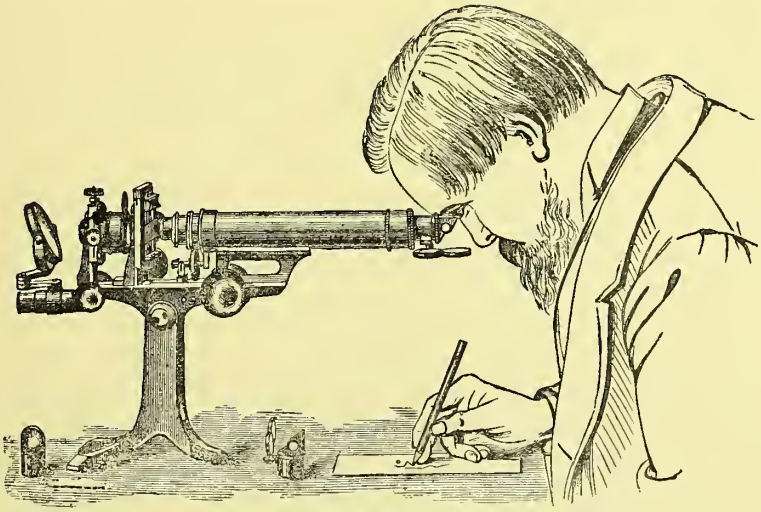


Fig. 84.

3. Appareils de polarisation. La polarisation est une modification de la lumière dans laquelle les vibrations n'ont plus lieu tout autour du rayon comme dans la lumière naturelle. Les rayons lumineux polarisés une fois réfléchis on réfractés deviennent incapables de se réfléchir ou de se réfracter de nouveau suivant certaines directions.

Lorsqu'on examine un dessin quelconque à travers un cristal de spath d'Islande, on aperçoit de ce dessin une image double qui provient de ce que le rayon incident est réfracté deux fois. L'un de ces rayons suit la loi ordinaire et se nomme *rayon ordinaire* ; l'autre, qui ne la suit pas, reçoit le nom de *rayon extraordinaire.*

Les substances qui jouissent de la propriété de réfracter deux fois le rayon sont dites douées de la double réfraction.

C'est un appareil en spath d'Islande et nommé *prisme de Nicol* que

l'on emploie le plus souvent dans le microscope pour polariser la lumière.

La prisme de Nicol est un parallélipipède de spath d'Islande dont la longueur égale 3,7 fois son épaisseur. Ce parallélipipède est scié en deux suivant la diagonale AB (fig. 85) qui joint les sommets de ses angles obtus. Les plans de section soigneusement repolis sont ensuite recollés avec du baume de Canada. Or, l'indice de réfraction de cette résine (15,49) est intermédiaire entre l'indice ordinaire du spath (16,58) et le minimum de son indice extraordinaire (14,83).

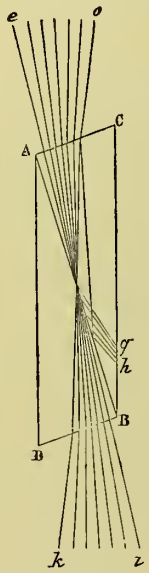


Fig. 85.

L'angle-limite pour le rayon ordinaire sur le baume de Canada étant 69°, 5, tout rayon réfracté ordinaire qui indice sous un angle plus oblique subit la réflexion totale.

Soit le rayon *o* qui pénètre obliquement à la face AC. Il subira une réfraction qui fera changer sa direction. Supposons qu'il forme avec le plan de section AB un angle de 20°, 5 ; ce rayon limitera le champ privé des rayons ordinaires, puisque tous les rayons de cette espèce arrivant sous un angle plus considérable subiraient sur la couche de baume une réflexion totale. Ainsi, tous les rayons compris entre les directions extrêmes *o* et A*e*, réfractés ordinairement dans le spath, seront réfléchis et formeront un cône lumineux *hg* qui se perdra sur la face noircie CB. Au contraire, les rayons extraordinaires, à cause de leur indice inférieur à celui du baume, seront transmis à travers la substance collante et viendront s'épanouir à la sortie dans l'espace *ik*.

La lumière ainsi polarisée à l'aide d'un prisme de Nicol appelé *polarisateur* et placé sous la platine à la place des diaphragmes passe à travers l'objet et est reçue par l'objectif au-dessus duquel, à une distance variable, elle rencontre un deuxième prisme de Nicol que l'on nomme l'*analyseur* et qui permet de reconnaître que la lumière est polarisée.

Lorsque l'analyseur et le polarisateur sont placés de telle façon que leurs faces de polarisation soient parallèles, le champ est éclairé ; les tourne-t-on au contraire de façon à ce qu'ils fassent l'un avec l'autre un angle de 90°, alors le champ paraît obscur.

La polarisation est d'autant plus complète que le champ paraît plus noir ou plus éclairé.

Beaucoup de substances exercent sur la lumière polarisée des effets caractéristiques qui permettent soit de les reconnaître, soit même d'en déterminer la structure : quelques-unes apparaissent simplement

éclairées dans le champ noir de l'instrument, d'autres en même temps revêtent les plus vives couleurs.

Outre l'importance que la polarisation offre au savant, certaines substances présentent au simple amateur un des plus beaux spectacles auxquels il puisse assister ; aussi n'est-il guère de microscope un peu complet qui ne soit muni d'un appareil de polarisation.

Les substances qui excercent une action quelconque sur la lumière polarisée sont dites *anisotropes*, celles qui laissent au contraire le champ obscur reçoivent le nom de substances inactives ou *isotropes*.

On peut augmenter notablement la sensibilité de l'appareil de polarisation à l'aide de lames minces de gypse et de mica que l'on fixe au dessus du polarisateur.

L'appareil de polarisation, tel qu'on l'applique ordinairement aux microscopes, est formé de deux prismes de Nicol, dont l'un se place sous la platine du microscope et l'autre s'adapte à l'extrêmité inférieure du tube, immédiatement au-dessus de l'objectif ; un bouton ou un cordon molleté, saillant, permêt de faire tourner ce prisme dans le tube qui le renferme.

Quelques constructeurs placent l'analyseur au-dessus de l'oculaire, mais cette disposition a l'inconvénient de rétrécir considérablement le champ de vision. M. Harting recommande un moyen qui tient le milieu entre les deux positions précédentes : il place l'analyseur à la partie inférieure du tube de l'oculaire.

MM. Hartnack et Prazmowski ont imaginé une nouvelle disposition de l'appareil de polarisation et l'ont fait breveter. Cet appareil diffère du prisme de Nicol par une forme particulière donnée aux prismes de spath d'Islande. L'analyseur se laisse placer très commodement entre l'œil et l'oculaire sans rien ôter du champ de vision. Pour la description complète de ces prismes on peut consulter les *Annales de la Société phytologique et micrographique de Belgique*, année 1867.

Beaucoup de condenseurs anglais sont munis d'un polarisateur qui s'écarte à volonté : tels sont ceux de M. Swift ; excellent aussi est celui que MM. Ross et C° adaptent à leur microscope et qu'ils désignent sous le nom de *Darker's revolving selenite stage*.

Darker's revolving selenite stage. — Cet appareil qui s'adapte sur le substage ou platine accessoire, se compose d'un tube renfermant trois cadres métalliques. Chacun de ceux-ci contient une lame de sélénite éclairant le champ polarisé d'une couleur différente.

Chacun de ces cadres peut tourner isolément sur lui-même et peut en outre, à l'aide d'un petit levier, être éloigné de l'axe de l'instrument. On peut, de cette façon, employer une ou plusieurs des lames à la fois. Le prisme de Nicol se visse en dessous de cet appareil.

4. Spectroscope. —— M. H. C. Sorby a imaginé un spectroscope qui s'applique au microscope comme un oculaire ordinaire.

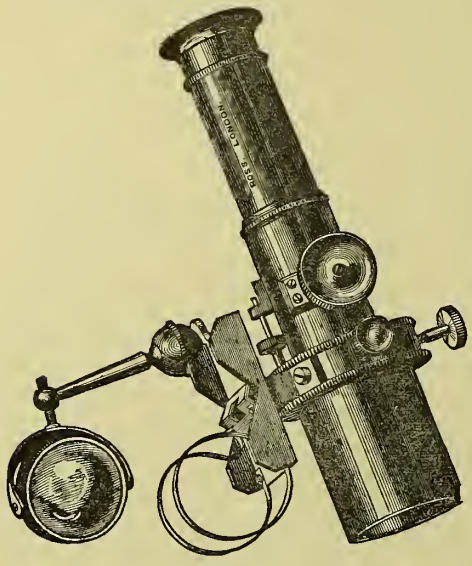


Fig. 86.

Cet instrument (fig. 86) se compose d'un tube contenant une série de prismes superposés et placés au-dessus d'un oculaire ordinaire, mais achromatique et dont les lentilles sont susceptibles de se rapprocher ou de s'éloigner.

Entre ces lentilles se trouve un diaphragme à fente pouvant être agrandie ou diminuée à volonté, à l'aide d'un bouton saillant à l'extérieur du tube, et latéralement à cette fente se trouve placé un petit prisme. Celui-ci sert à donner le spectre de la lumière dont on se sert dans l'observation et qui est réfléchie par un miroir latéral. De cette façon, l'œil reçoit en même temps le spectre normal et celui de l'objet que l'on étudie. Cet instrument rend de vrais services, mais exige naturellement un peu d'habitude de la part de l'observateur qui l'emploie.

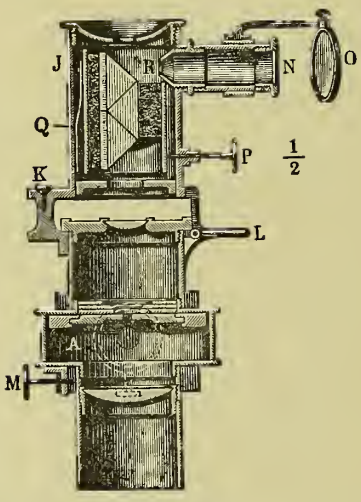


Fig. 87.

La maison Zeiss fabrique un spectroscope basé sur les mêmes principes que le précédent, mais qui est notablement plus commode et plus parfait, nous l'employons assez fréquemment et en sommes très satisfait (fig. 87 et 88).

Dans cet appareil la lentille peut, aussi bien que dans l'appareil de Sorby, se mettre au point sur la fente. Celle-ci s'élargit et se rétrécit par un mouvement symétrique des deux plaques au moyen de la vis F, et l'élargissement est suffisant pour l'examen de tout le champ. La longueur de la fente peut-être limitée au moyen de la vis H, pour que, lors de l'emploi du prisme de comparaison, l'ouverture soit complètement remplie par l'image de l'objet observé. L'appareil

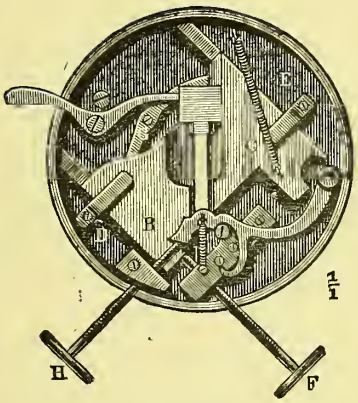


Fig. 88.

possède un prisme de comparaison muni d'un support latéral avec ressort pour fixer le objets de comparaison et le miroir d'éclairage. Toutes ces parties, ainsi que l'oculaire, sont réunies dans un tambour. Un prisme d'Amici de forte dispersion se trouve au dessus de l'oculaire et est mobile autour d'un pivot K afin de pouvoir être complètement écarté de l'axe optique et de permettre de contrôler la mise-à-point. La position axiale du prisme est indiquée et maintenue par l'encliquetage du levier L. Un petit tube latéral adapté à la monture du prisme et accompagné d'un miroir, sert à projeter sur le spectre l'image d'une échelle dont les divisions donnent en fractions de micromillim. la longueur des ondes de la partie du spectre sur laquelle elles sont projetées. On fait coïncider l'échelle avec le spectre au moyen de la vis P.

5. Indicateurs. —— Les indicateurs sont des appareils destinés à faire retrouver un objet confondu entre beaucoup d'autres; exemple : un certain frustule de diatomée dans une préparation qui en contient un grand nombre. Les indicateurs sont donc d'une utilité fort grande surtout au naturaliste qui s'occupe des diatomées.

Dans certains microscopes anglais, de même que dans le grand modèle de M. Nachet, c'est le chariot lui-même qui remplit les fonctions d'indicateur, ce qui est infiniment commode. En effet, avant de commencer l'examen d'une préparation, on la fixe dans une position invariable en la faisant butter contre des barrettes de cuivre placées en équerre.

On fait ensuite passer dans le champ toutes les parties successives de la préparation et lorsqu'on est arrivé en vue d'un objet déterminé, on n'a qu'à noter les deux chiffres (longitude et latitude) marqués par les index des plaques du chariot pour retrouver plus tard le même objet en remettant le chariot sur les mêmes chiffres.

Lorsque le chariot n'est pas divisé, on peut employer le chercheur de Maltwood.

C'est une photographie faite en forme de préparation et contenant une série de 2,500 numéros placés comme l'indique la figure 89 qui en représente un fragment.

Lorsqu'on veut retrouver, dans une préparation, un objet vu une fois, on remplace l'objet par le Maltwood's Finder, on lit les deux

10 8	11 8	12 8	13 8	14 8
10 9	11 9	12 9	13 9	14 9
10 10	11 10	12 10	13 10	14 10
10 11	11 11	12 11	13 11	14 11
10 12	11 12	12 12	13 12	14 12
10 13	11 13	12 13	13 13	14 13
10 14	11 14	12 14	13 14	14 14

Fig. 89.

numéros de la case se présentant dans le champ et on les note sur la préparation. Après, quand on veut revoir l'objet, on met ce chercheur sur la platine et on la fait manœuvrer jusqu'à ce que les numéros indicateurs se présentent dans le champ, alors on l'enlève on place la préparation dans la même position et l'objet cherché est trouvé.

Enfin, lorsque le microscope n'a pas de chariot, on peut encore se tirer d'affaire par un moyen détourné. On marque préalablement vis-à-vis l'une de l'autre, à côté de l'ouverture de la platine, deux croix disposées comme l'indique la figure 90.

Fig. 90.

Lorsque l'on trouve alors dans une préparation un objet que l'on veut pouvoir retrouver, on marque sur la lame du porte-objet, à l'aide d'un diamant à écrire, deux croix de façon à recouvrir celles de la platine. On n'a plus alors, plus tard, qu'à placer la préparation de manière que les croix se recouvrent de nouveau pour que l'objet se retrouve dans le champ.

Sous le nom de *Diatom finder* M. May de Philadelphie a imaginé un petit appareil très simple dont nous nous servons fréquemment depuis une dizaine d'années.

Il se compose de deux tubes emboités l'un dans l'autre. Le tube intérieur porte supérieurement le pas de vis des objectifs anglais et se met au bout du tube du microscope après que l'objet à marquer a été mis dans le centre du champ.

Le tube extérieur, mobile autour du premier. se termine inférieurement par une pointe en diamant placée un peu excentriquement.

On descend le tube du microscope jusqu'à ce qu'il vienne reposer, par son propre poids, sur le cover de la préparation, on le fait tourner sur son axe et l'on obtient ainsi un petit cercle tracé autour de l'objet à retrouver.

La grandeur du cercle dépend de l'excentricité que l'on donne à la petite tige qui porte le diamant.

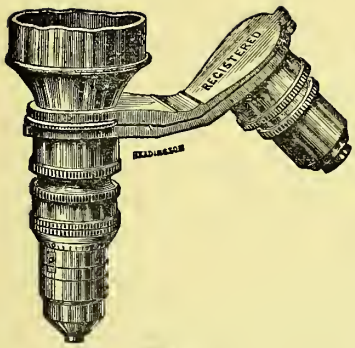


Fig. 91.

6. Revolver. —— Sous le nom de *revolver* M. Nachet a imaginé une pièce que les Anglais de leur côté désignent sous le nom de *Brooke's double nose-piece*, et qui permet de changer instantanément d'objectif.

La figure 91 représente un pareil revolver. On fabrique aussi des revolvers qui portent jusqu'à cinq objectifs; nous en possédons un semblable qui nous a été construit par MM. Seibert et Krafft à Wetzlar, et dont le centrage est fait avec une rare précision.

Adapteurs. —— Les adapteurs sont de nouveaux appareils qui se sont vulgarisés depuis 1878; ils sont destinés à faciliter le changement des objectifs et à faire gagner le temps que l'on perd à les visser et à les dévisser. On peut dire que le premier adapteur a été imaginé par Ch. Chevalier qui attachait ses objectifs à l'aide d'une bayonnette, système simple, rapide et de grande précision.

Fig. 92.

Le premier des adapteurs actuels a été imaginé par le professeur Thury de Genève et a reçu le nom de « *pince-suisse* ». Dans ce système les objectifs sont préalablement vissés sur une bague et le tube du microscope porte inférieurement, au lieu du cône à pas de vis habituel, une espèce de pince dont les deux branches sont tenues serrées par un ressort, mais peuvent s'écarter par une légère pression. On glisse la bague dans la pince en appuyant légèrement sur la branche inférieure, et l'objectif est maintenu en place, serré par le ressort. Un rebord en acier, soudé à la branche supérieure de la pince et qui entre à frottement doux dans l'ouverture de la bague, assure le centrage de l'objectif.

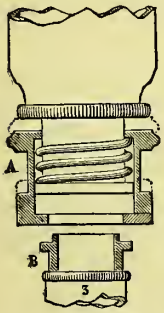


Fig. 93.

Nous employons depuis plusieurs années cet adapteur et nous pouvons le recommander chaudement. Il ne faut qu'un instant pour remplacer un objectif par un autre et on obtient un centrage meilleur qu'avec le pas de vis.

M. Nachet a construit un adapteur qui n'est qu'une légère modification du précédent et qui donne également des résultats excellents. Nous le représentons ci-contre (Fig. 92 et 93).

Nous croyons inutile de parler des nombreux systèmes d'adapteurs proposés en Angleterre et en Amérique et qui tous présentent plus ou moins d'analogie avec la pince-suisse ou avec la bayonnette de

Ch. Chevalier, mais nous devons décrire tout au long un appareil imaginé depuis peu par M. le Dr. Roderich Zeiss et désigné par lui du nom de « *changeur d'objectifs à coulisse.* »

Ce petit appareil est ce qui a été fait jusqu'ici de plus commode et de plus précis.

Cet appareil possède un mécanisme au moyen duquel chaque objectif peut-être facilement centré par l'observateur lui-même; il permet l'emploi d'un nombre indéterminé d'objectifs (Fig. 94 et 95). Les parties constituantes sont :

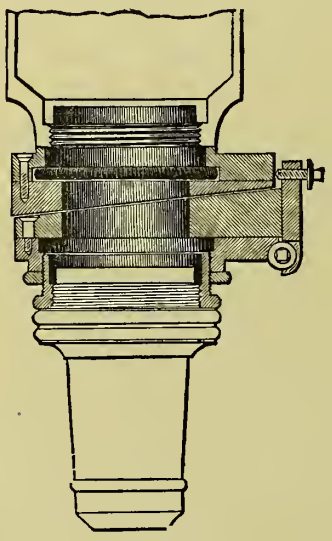


Fig. 94.

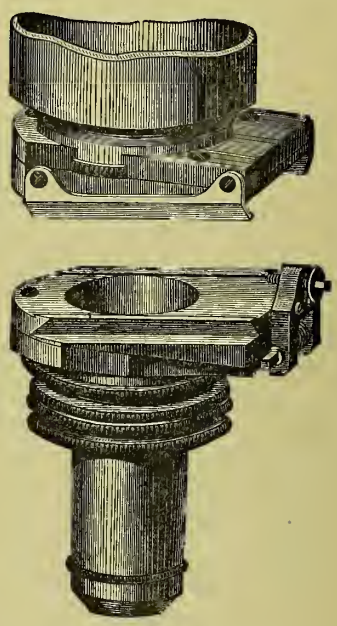


Fig. 95.

a) *Pièce se vissant au tube.* Cette partie se fixe au tube de la même manière que le revolver ordinaire; elle est vissée solidement au tube, la conduite de la coulisse dirigée en avant.

La direction de la coulisse n'est pas perpendiculaire à l'axe optique, mais un peu inclinée sur celui-ci.

b) *Pièce portant l'objectif.* La coulisse a ici la même inclinaison par rapport à l'axe optique que celle de la pièce précédente. Il en résulte que lorsqu'on enlève l'objectif, il s'élève un peu et n'endommage pas l'anneau de vernis fermant la préparation. Une vis butoir, qu'on tourne avec une clef de montre, est adaptée à ce patin et l'arrête dans une position déterminée qu'il reprendra toujours après chaque enlèvement. Cette vis constitue le mécanisme de centrage dans le sens de la direction de la coulisse. Une vis sans fin se tournant à l'aide de la même clef, produit le centrage dans la direction perpendiculaire à la coulisse.

Les objectifs, dont l'entonnoir est à peu près compensé pour la distance focale, peuvent être mis au point exactement à l'aide d'un mécanisme *ad hoc* que possède la pièce destinée à les recevoir, et fixés à demeure, dans la position voulue, par une vis de pression. Les patins destinés à porter les objectifs glissent très exactement dans la coulisse de l'autre pièce et peuvent être achetés au fur et à mesure qu'on en a besoin.

Après un bon centrage le même point de la préparation revient toujours exactement au milieu du champ après chaque changement d'objectif ; il reste en outre à peu près également bien au foyer, de sorte qu'il suffit ordinairement de retoucher très légèrement par la vis micrométrique.

7. Oculaire à dissection et prisme redresseur.——On désigne sous le nom d'oculaire à dissection un oculaire spécial destiné à redresser l'image qui, comme on le sait, se présente toujours renversée.

Cet oculaire est formé de deux oculaires placés chacun aux extrémités d'un tube de laiton. En réalité ce n'est autre chose que l'oculaire terrestre que l'on adapte aux lunettes astronomiques.

En tirant plus ou moins ce tube on obtient un microscope pancratique, c'est-à-dire dont le pouvoir amplifiant augmente proportionnellement à sa distance de l'objectif. C'est ainsi qu'avec l'oculaire à dissection de M. Hartnack, adapté à son microscope, le pouvoir amplifiant varie de 6 à 50 diamètres avec l'objectif n° 2, et de 30 à 110 diamètres avec le n° 4.

L'oculaire à dissection est un accessoire excellent, alors que l'on veut se servir du microscope composé pour faire des dissections ou pour trier des diatomées ; sans lui on a beaucoup de peine à diriger convenablement les aiguilles, parce que tous les mouvements doivent se faire en sens opposé à ce que l'on voit.

Pour remplir le même but feu A. Chevalier fabriquait un *prisme redresseur*, que l'on place sur l'oculaire. Nous estimons beaucoup cette dernière pièce, dont l'usage est très commode, quand il s'agit de dissections continues et qui ne nécessitent pas à chaque instant un changement d'amplification.

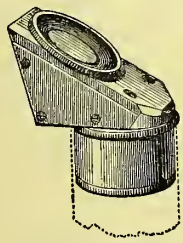


Fig. 96.

Le prisme redresseur d'Arthur Chevalier a l'avantage de s'appliquer immédiatement sur tout oculaire quelconque, mais il diminue le champ de vision. Pour remédier à cet inconvénient M. Nachet construit un oculaire spécial (fig. 96) qui renferme un prisme à quatre faces dont les angles sont calculés de telle façon que les rayons, formant l'image, y sont réfléchis trois fois avant d'arriver à l'œil, et donnent sur la rétine une image renversé de celle qui est fournie par

l'objet ; or, comme l'image donnée par l'objectif est renversée par rapport à l'oculaire, celle qui est fournie par le prisme est redressée par rapport à l'objet.

8. Microscope binoculaire stéréoscopique. —— Le microscope binoculaire stéréoscopique commence à se répandre sur le continent. Après l'oculaire stéréoscopique de Tolles, qui a été perfectionné par M. Hartnack, est venu l'oculaire stéréoscopique du Prof. Abbe qui est plus parfait et moins encombrant que le précédent.

L'appareil du Prof. Abbe s'adapte au tube du microscope à la place des oculaires ordinaires (fig. 97). Le faisceau lumineux venant de l'objectif arrive à une mince couche d'air située entre deux prismes et là il se bifurque : l'une partie traverse le prisme supérieur et se rend à l'oculaire qui le surmonte, l'autre partie est réfléchie sur un autre prisme placé au bas d'un tube qui fait un angle de 14° avec le tube principal. Ce dernier prisme renvoie la partie réfléchie à l'œil droit de l'observateur à travers un 2e oculaire.

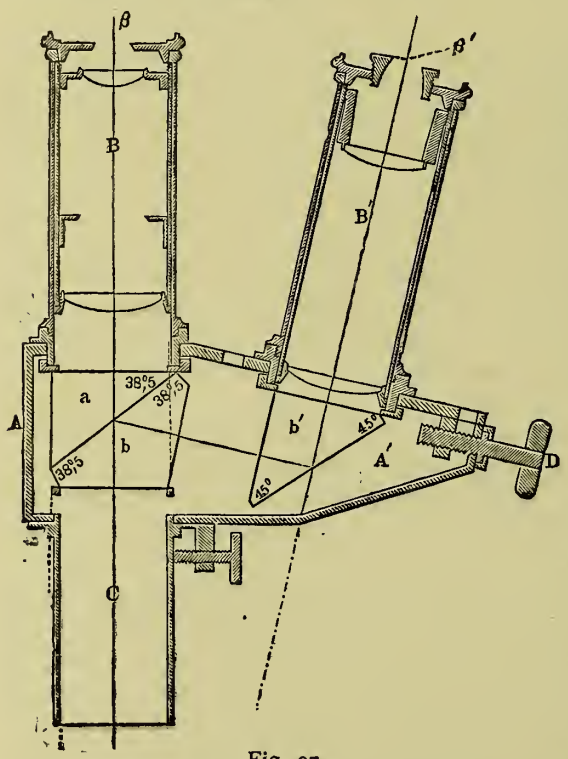


Fig. 97.

Les deux oculaires sont différents, tout en donnant finalement le même grossissement ; le 2e est calculé de façon à compenser le chemin plus long que doit parcourir le faisceau lumineux avant d'arriver à l'œil.

Le deuxième oculaire peut aussi se rapprocher ou s'éloigner du premier suivant que cela est exigé par l'écartement des yeux de l'observateur.

Au dessus des oculaires se trouvent des diaphragmes semi-circulaires, ajustables ; ce sont ces diaphragmes qui en enlevant la moitié du faisceau produisent la sensation du relief. En les enlevant on obtient la vision binoculaire simple qui peut être utile dans beaucoup de cas et que certaines personnes trouvent moins fatigante que la vision monoculaire.

L'appareil peut s'employer avec n'importe quel objectif, la perte de lumière occasionnée par les prismes est insignifiante.

9. Oculaire comparateur du Dr. H. Van Heurck. —— Comparer *rigoureusement* deux diatomées en les examinant *successivement* sous le même microscope est une chose absolument impossible. On se tire d'affaire en dessinant les deux formes et en comparant les dessins; mais, quoique ce soit là le meilleur moyen d'étude des diatomées, c'est un procédé qui prend tant de temps qu'on ne peut pas y avoir recours constamment.

Afin d'aller plus vite, nous avions imaginé, il y a déjà longtemps, d'employer simultanément deux microscopes, donnant le même grossissement et rapprochés de façon que chacun d'eux correspondait à l'un des yeux. Après quelques tâtonnements on peut arriver, par un procédé analogue à celui dit « de la double vue » à superposer les images; toutefois cela ne se fait pas sans fatigue et on ne peut continuer le travail pendant de longues heures comme on a souvent besoin de le faire.

Ayant vu décrit dans le journal de la Société royale de Microscopie de juin 1886, le comparateur qu'emploie M. Inostranzeff pour comparer la couleur des minéraux, il nous vint à l'idée de construire et d'essayer un appareil semblable. Nous reconnûmes que l'instrument était très pratique mais ne suffisait pas pour les diatomées; d'abord le champ est partiellement coupé, ensuite il reste, là où se joignent les prismes, une bande noire qui ne permet pas un rapprochement parfait, et, enfin, nous préférons que la juxtaposition (pour la raison que nous dirons plus loin) des diatomées se fasse, non dans le sens longitudinal, mais dans la moitié de la largeur de la valve.

M. Carl Reichert, de Vienne, a, d'après notre dessin, construit un appareil qui fonctionne parfaitement. Au lieu des deux prismes juxtaposés par une de leurs arêtes, comme dans l'instrument de M. Inostranzeff, nous avons ici deux prismes de grande taille mais de faible largeur et juxtaposés par une des faces triangulaires (fig. 98). Les deux images sont juxtaposées dans le sens de la hauteur; la pièce portant les deux prismes est mobile, elle peut tourner sur son axe et être fixée dans une position quelconque. En la tournant légèrement on peut faire disparaître complètement la ligne de séparation des deux prismes et cela si parfaitement que l'on peut constituer une valve parfaite avec deux moitiés de valve, appartenant chacune à un des champs.

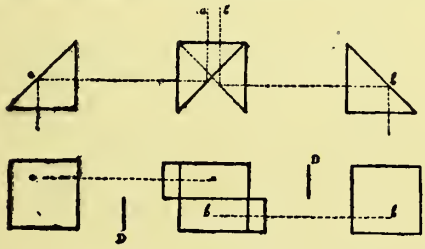


Fig. 98.

C'est ainsi que nous avons pu faire un photogramme représentant une valve d'*Actinoptychus splendens* composé par la juxtaposition, à l'aide du comparateur, de deux demi-valves. Le photogramme doit être examiné très attentivement pour trouver l'endroit où les valves se joignent.

Les comparaisons sont donc aussi complètes que possible et les images sont si nettes, que l'on peut employer même de forts objectifs. Des diaphragmes D coupent dans chaque partie du tube la lumière venant du côté opposé et qui serait nuisible.

Éclairage artificiel du Microscope. —— 1. Lampes. Le micrographe n'est pas toujours libre d'employer son temps comme il le voudrait, bien souvent il doit remettre au soir les observations qu'il aurait faites plus facilement le jour. Heureusement, il y a peu d'observations qui ne puissent se faire à la lumière artificielle ; l'étude des diatomées et la résolution des tests se font même mieux à la lumière de la lampe qu'à la lumière du jour.

On peut, pour ces observations, se servir d'une lampe à huile, mais une lampe à pétrole est bien préférable, car la lumière en est plus blanche.

Le gaz peut être également employé.

Une lampe à pétrole ordinaire suffit pour la plupart des recherches. Les constructeurs anglais ont cependant imaginé diverses espèces de lampes qui jouissent de quelque avantage.

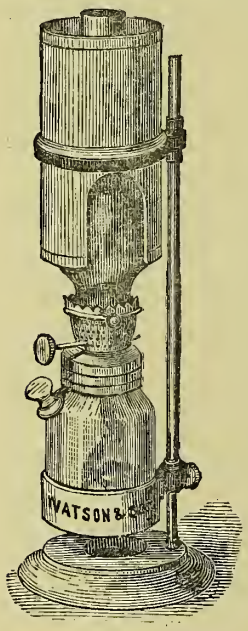


Fig. 99.

On en vend qui coûtent des sommes considérables, jusqu'à 150 frs et même plus.

L'essentiel est d'avoir une lampe donnant une lumière bien blanche ce qui dépend de la bonne construction du bec et dont on puisse à volonté utiliser soit le tranchant, soit la partie plate, tout en préservant autant que possible l'œil contre la lumière rayonnante de la partie non employée. La lampe figurée ci-contre, de MM. Watson et Sons (fig. 99), remplit parfaitement ces conditions tout en coûtant un prix modique.

Les mêmes fabricants vendent une lampe plus complète, munie d'un réflecteur argenté, d'une lentille condensatrice, d'un verre teinté, etc. Mais ce luxe est le plus souvent inutile.

Mais il y a mieux, aujourd'hui, que l'éclairage au pétrole, c'est l'éclairage électrique par incandescence.

2. Eclairage électrique. En février 1882 (1) nous

(1) Consulter : La lumière électrique appliquée aux recherches de la micrographie et de la photomicrographie par le Dr Henri Van Heurck. 2e édition. Anvers 1883.

avons fait connaître le résultat de nos recherches sur l'emploi de l'éclairage électrique.

Depuis le mois de Novembre 1881, époque où nous imaginâmes de faire emploi des lampes à incandescence qui venaient d'être trouvées, l'éclairage électrique figure en permanence sur notre table de travail et nous serions bien ennuyés si nous devions nous en passer.

L'éclairage électrique par incandescence surpasse tout autre éclairage. Il a la douceur des bonnes lampes à pétrole et montre les détails délicats presque aussi bien que la lumière monochromatique. Les stries délicates de l'*Amphipleura* et le 19e groupe du test de Nobert se voient avec une netteté parfaite.

M. le professeur Abbe, à qui nous avons fait part du résultat de nos recherches, en a donné l'explication théorique. Il l'attribue à deux causes.

1. La plus grande blancheur de la lumière. Par suite, la lumière renferme plus de rayons bleus et violets. Or, comme il a été démontré, par les mensurations faites par M. le Professeur Abbe, dans les divers éclairages monochromatiques, que le pouvoir séparateur d'un objectif d'une ouverture donnée, croît dans le même rapport que la longueur d'onde de la lumière employée diminue, il en résulte que la lumière électrique doit montrer plus facilement les détails délicats que la lumière jaunâtre du gaz ou des lampes.

2. L'intensité spécifique de la lumière électrique étant beaucoup plus considérable que celle des autres lumières artificielles, on obtient un éclairage suffisant avec un pinceau lumineux beaucoup plus étroit que celui qu'il faudrait employer pour obtenir la même intensité lumineuse avec l'éclairage par le gaz ou par la lumière diffuse du jour.

On peut donc employer des rayons beaucoup plus obliques.

Pour employer la lumière électrique, nous posions, primitivement, la lampe qui, à cette époque était d'un volume considérable, dans une caisse dont le couvercle était percé d'une ouverture fermée par une glace. Le microscope était placé sur la caisse, le miroir ayant été préalablement écarté de l'axe ou totalement enlevé. La lumière de la lampe était alors concentrée par une lentille plano-convexe et dirigée dans le condenseur du microscope. C'est par le maniement de ce dernier que nous modifions l'éclairage.

Les lampes que nous employâmes dans le principe demandaient une force électro-motrice considérable, mais peu après M. Swan parvint à mettre à notre disposition des lampes assez petites et ne demandant que 7 volts environ.

M. Stearn, collaborateur de M. Swan et Directeur de la Société Swan, améliora encore la situation, et fit établir de nouvelles lampes

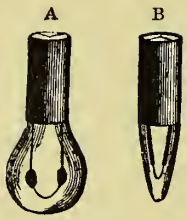


Fig. 100.

destinées spécialement à l'éclairage du microscope. Ces lampes (fig. 100) sont de deux sortes : les unes, A, donnent une lumière plus vive que les autres, et sont destinées aux expériences de polarisation et à la photomicrographie; les autres, B, ont un filament plus court et servent à l'éclairage ordinaire. Elles n'exigent qu'une force électromotrice de 3 1/2 volts et un courant de 1 1/4 ampères et ne demandent donc que deux accumulateurs ou deux éléments Bunsen. Leur puissance lumineuse équivaut à environ une

Fig. 101. — Microscope disposé pour l'éclairage par trois lampes à incandescence.

bougie, mais elle peut être poussée au besoin à 2 1/2 bougies pendant quelques moments.

Pour l'emploi des lampes de M. Stearn, MM. Mawson et Swan ont fait établir un microscope spécial dont nous allons donner la description.

Le microscope (fig. 101) tout entier est monté sur une platine métallique, les lampes sont fixées d'une manière permanente sur l'instrument, dont les diverses parties métalliques jouent le rôle d'un des conducteurs. Trois lampes sont attachées au microscope. La première, A, sert à l'éclairage des corps opaques ; elle est attachée au-dessus des objectifs par un collier *a* qui permet la rotation de la lampe en même temps que la tige articulée, E, permet de l'éloigner ou de la rapprocher de l'objet à éclairer.

La deuxième lampe, B, est placée dans le substage; elle peut, en glissant dans une coulisse, être poussée latéralement, afin de produire l'éclairage oblique.

Enfin, une troisième lampe, C, dont la puissance éclairante est plus forte que celle des précédentes, est attachée à une tige articulée en place du miroir. Cette lampe sert pour les expériences de polarisation et de photomicrographie, de même que pour l'éclairage des condenseurs.

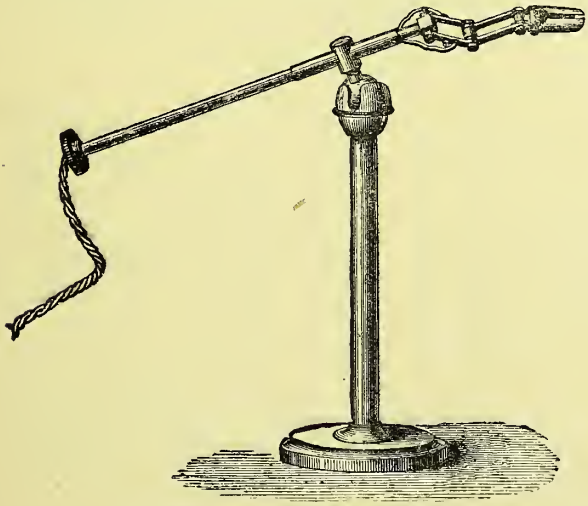


Fig. 102 — Pied porte-lampe.

Fig. 103 — Porte-lampe se fixant sur la platine.

Une résistance constituée par une bobine à fil d'acier D, permet de diminuer ou d'augmenter la puissance du courant électrique, et un commutateur, à trois directions *b*, permet de faire passer à volonté le courant dans l'une quelconque des trois lampes.

Enfin, de petites montures isolées (fig. 102 et 103) permettent l'emploi,

plus ou moins facile, il est vrai, de la lumière électrique dans un microscope quelconque non disposé spécialement pour cet usage.

Un appareil aussi très commode pour l'emploi de l'éclairage électrique est le photophore de M. Trouvé. Au fond, ce n'est que la disposition que nous imaginâmes en 1881 pour l'éclairage du microscope.

Le photophore est formé par un tube en cuivre nickelé (toutes les pièces de l'appareil sont également nickelées), où la lampe qui est d'un modèle spécial, à filament droit, occupe la partie médiane. Postérieurement le tube porte un miroir réflecteur en verre argenté et antérieurement un 2e tube qui glisse dans le premier, porte une lentille condensatrice. Ce deuxième tube permet de varier l'écartement de la lentille à la lampe et par suite permet d'obtenir à volonté des rayons convergents, divergents ou parallèles. La lentille condensatrice étant libre dans sa monture, elle peut être tournée avec la face bombée en avant ou en arrière.

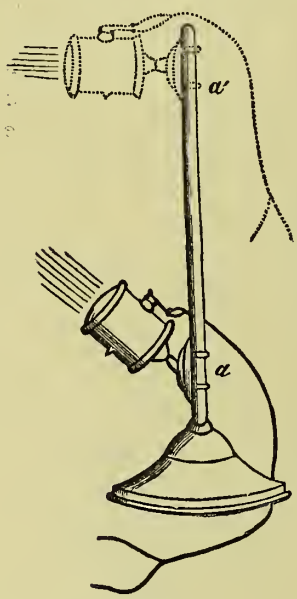


Fig. 104.

Le photophore (fig. 104) se visse sur un pied très lourd, qui porte un tube fendu, de 20 centimètres de hauteur, faisant office de ressort, sur lequel glisse, à frottement très doux, un deuxième tube pouvant être arrêté à toutes les hauteurs. Ce second tube porte deux attaches *a*, *a'*, l'une placée à la partie inférieure, l'autre à la partie supérieure; chacune de ces attaches consiste en une sphère en acier portant une tige munie d'un pas de vis. La sphère est serrée entre deux plaques métalliques concaves dont l'antérieure, percée au milieu, laisse passer la tige filetée. Le photophore, vissé sur cette tige peut donc, par suite des mouvements de la sphère, être placé dans toutes les directions désirées.

Dans ces derniers temps, notre savant correspondant, M. le Dr Engelmann, professeur de biologie à l'Université d'Utrecht et l'un des plus zélés propagateurs de l'éclairage electrique en micrographie a fait établir un petit appareil très simple, très pratique et qui remplit en même temps le rôle de rhéostat ou de régulateur de l'éclairage.

Cet appareil, que nous figurons ci-contre (fig. 105), se compose d'un pied en cuivre M portant le rhéostat R et le porte-lampe S.

Comme on le voit, le courant positif est relié à la borne *a*, de là il passe à la partie supérieure du rhéostat, le traverse et par l'intermédiaire du pied en cuivre, passe directement à la lampe. De la lampe, le courant retourne par un mince filet de cuivre à la borne

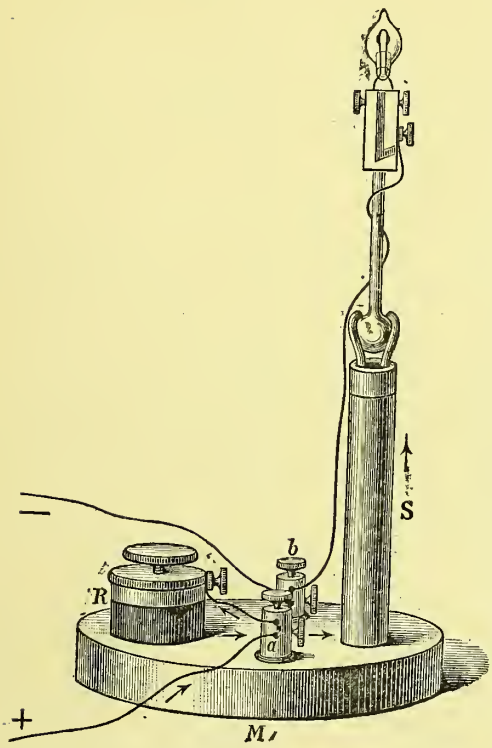


Fig. 105.

b et de là à la partie négative de la source électrique.

La lampe peut s'élever à diverses hauteurs à l'aide des deux tubes de cuivre S qui glissent l'un dans l'autre, et elle peut également prendre toutes les positions possibles à l'aide de l'articulation à boule que l'on voit dans la figure.

Quant au rhéostat lui-même, il se compose d'un cylindre de cuivre, isolé du pied par un fond d'ébonite ou de serpentine. Ce cylindre contient une pile de disques minces formés par un mélange de graphite et de gélatine. On rend ces plaques plus ou moins résistantes suivant la proportion des constituants.

A l'aide de la vis de pression qui termine supérieurement le rhéostat, et qui, par l'intermédiaire d'un disque de cuivre serre plus ou moins les plaques de résistance, on parvient à régler l'intensité du courant avec une régularité mathématique.

Cet appareil étant toutefois un peu faible pour nos recherches multiples, M. Kagenaar, mécanicien de l'Université d'Utrecht, en a construit un plus parfait d'après nos indications et dont M. le prof. Engelmann a bien voulu surveiller la construction.

Ce nouvel appareil se compose d'une petite table de cuivre de 30 centimètres de long sur 10 de large. Cette table porte, à l'une extrémité, le petit rhéostat porte-lampe décrit ci-dessus et sur le restant de sa longueur un rhéostat complémentaire horizontal. Ce dernier appareil a pour partie essentielle un long tube en serpentine renfermant 120 disques de graphite. La résistance, lorsque les disques sont fortement pressés, n'atteint de loin pas un 1/4 Ohm et, en desserrant lentement la vis de réglage, cette même résistance peut être portée à 800 ou 1,000 Ohms. L'appareil peut donc, théoriquement, être employé aussi bien pour les plus petites lampes que pour des lampes très puissantes ; et, en effet, en employant le courant de 16 accumulateurs Reynier, grand modèle à 12 plaques, nous n'avons eu aucune difficulté à employer successivement depuis des lampes de 2 volts

et 0,5 ampère jusqu'à des lampes de 12 volts et 4 ampères chauffées au blanc étincelant.

Les deux petits appareils fixés sur la tablette de cuivre, peuvent en être enlevés à volonté, de même le porte-lampe peut tourner sur son axe et être fixé dans tous les azimuths.

Nous croyons qu'il serait impossible de réaliser un appareil plus complet, plus puissant et en même temps plus condensé que celui que nous venons de décrire.

Après avoir détaillé les appareils d'éclairage, il nous reste encore à examiner les sources électriques auxquelles le micrographe pourra recourir pour les alimenter.

Pour les toutes petites lampes on peut se contenter de 2 à 3 éléments Bunsen. Toutefois les vapeurs que répand cette pile ne permet guère de les utiliser que dans un laboratoire et nous ne pouvons en conseiller l'introduction dans une chambre de travail.

Les piles à treuil, au bichromate, sont plus maniables, toutefois elles répandent encore des vapeurs malsaines.

Nous ne voyons, en somme, à conseiller que la petite pile portative de Trouvé ou la pile Radiguet.

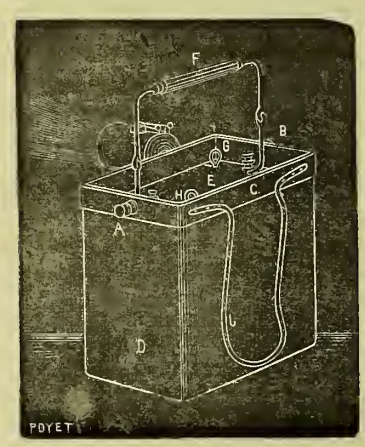


Fig. 106

La pile portative de Trouvé (fig. 106) se compose d'un petit bac en ébonite D mesurant 15 centim. de longueur sur 10 de largeur et 18 de hauteur, divisé intérieurement jusqu'aux 2/3 de la hauteur en 6 compartiments destinés à former autant d'éléments. Inférieurement ces compartiments communiquent par une très petite ouverture.

Les parties actives, attachées inférieurement au couvercle E, sont disposées en six rangées, chacune d'elles correspondant à l'une des cases du bac en ébonite; chacune de ces rangées, constituant un élément, est formée de deux baguettes de zinc placées entre trois baguettes de charbon. Les 6 éléments sont accouplés en tension par des contacts disposés symétriquement et élégamment sur la surface supérieure du couvercle qui porte aussi deux bornes pour la prise du courant.

La pile ne répand aucune odeur et peut faire fonctionner pendant deux heures la lampe du photophore.

Lorsque la pile est épuisée on dévisse les deux boutons A, B et on enlève la bague qu'ils maintiennent; on prend ensuite la poignée F et en la soulevant on enlève du coup le couvercle et les éléments;

on verse le liquide épuisé on lave à l'eau le petit bac, on y verse 800 grammes du liquide neuf, qu'on a préparé d'avance, on remet le couvercle, la bague et les deux boutons et la pile est prête à fonctionner.

Voici comment se prépare le liquide pour la pile : dans un grand vase en grès on met 1 kilo de bichromate de potasse ; on ajoute 8 litres d'eau, et ensuite 2 litres d'acide sulfurique du commerce que l'on verse très lentement, par mince filet, en remuant constamment à l'aide d'un tube de verre. Le liquide s'échauffe fortement pendant l'opération et on le laisse refroidir avant de l'employer.

Avec les quantités que nous venons d'indiquer on peut charger 12 fois la pile.

La petite pile Trouvé est excellente pour le micrographe qui ne veut utiliser la lumière électrique que dans certaines occasions. Mais, celui qui veut l'avoir en permanence à sa disposition fait mieux de recourir soit à la pile à treuil de Trouvé, soit à la pile Radiguet.

La pile Radiguet (1) dérive de la pile Poggendorf et en est un très notable perfectionnement. Elle a tous les avantages et toute l'énergie de la pile de Bunsen, sans en avoir les inconvénients.

Chaque élément de la pile Radiguet se compose d'un vase en grès imperméable, d'un cylindre de charbon, d'un vase poreux, et d'un support à amalgamer avec sa cuvette-réservoir.

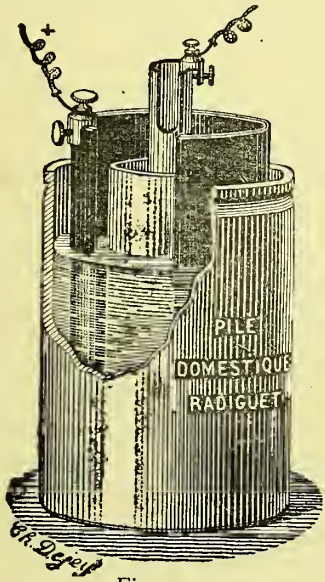


Fig. 107.

Ces diverses pièces se placent l'une dans l'autre, comme le fait voir la figure ci-contre (fig. 107).

C'est l'ensemble du support à amalgamer et de sa cuvette qui est la partie réellement nouvelle de la pile.

M. Radiguet avait remarqué que lorsque le mercure contient des traces de zinc et qu'il est en contact avec du cuivre rouge, le courant électrique tend à transporter le mercure sur la surface toute entière du cuivre. Cette observation conduisit l'habile électricien à la construction du support à amalgamer.

Comme on le voit dans la figure 108 ce support se compose d'un tube en cuivre rouge zingué, portant une espèce de corbeille destinée à recevoir le zinc que l'on y dépose sous forme de fragments de grosseur variable, de grenaille, par exemple,

(1) Radiguet, constructeur d'appareils pour les sciences, 15, Boulevard des Filles-du-Calvaire, Paris.

mais mieux encore sous forme de billes rondes, coulées à la lingotière et que l'on peut facilement couler soi-même ou faire couler ; M. Radiguet les fournit aussi au kilo et à bas prix.

Sous la corbeille se trouve une cuvette en porcelaine contenant l'amalgame destiné à entretenir l'amalgamation constante du zinc. Cette cuvette est reliée par une tige de cuivre aux deux pattes métalliques qui terminent inférieurement la corbeille.

Tel est l'appareil que nous aurons à faire fonctionner et pour cela nous verserons une solution acide de bichromate de soude dans le vase extérieur et de l'eau pure dans le vase poreux ; la pile fonctionnera alors au bout de quelques heures. Si nous voulons qu'elle fonctionne immédiatement, nous n'aurons qu'à verser quelques grammes d'acide sulfurique dans l'eau et nous anticiperons ainsi sur la dialyse qui se produira petit à petit.

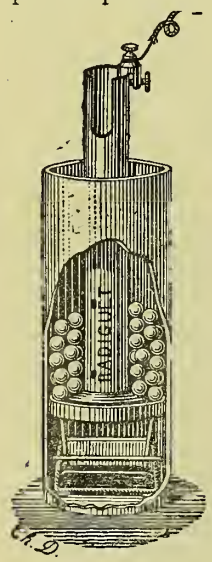


Fig. 108.

La pile fonctionne en moyenne pendant huit jours, au bout de ce temps il faut changer l'eau acidulée du vase poreux. C'est une opération peu difficile, elle s'exécute sans ennui, au bout de quelques instants, sans démontrer la pile ni sans la déranger en aucune façon, et ce, à l'aide d'un appareil très ingénieux que nous représentons ci-contre et qui est breveté sous le titre de siphon Radiguet (fig. 109).

Ce siphon a l'avantage, sur ceux connus, de s'amorcer non par aspiration, mais par insufflation.

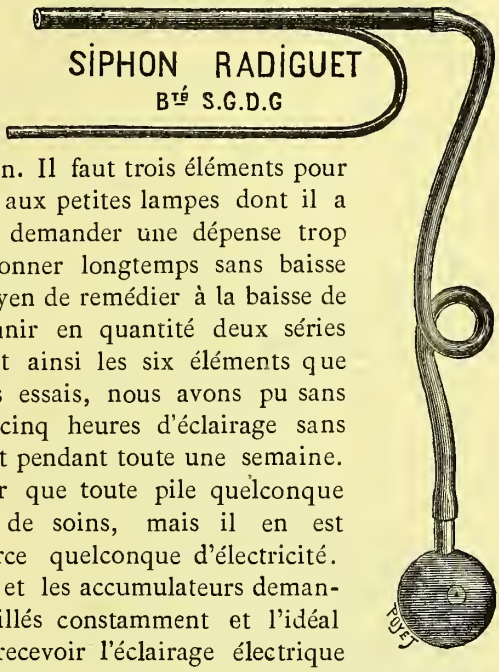
Il se désamorce de même ; les deux opérations se font par l'intermédiaire d'une balle en caoutchouc.

Pour amorcer, il suffit de presser lentement une ou deux fois la dite balle ; pour désamorcer on presse de même, mais vivement.

Pour produire ces effets, le gros tube du siphon renferme intérieurement le tube mince qui continue le tube étroit extérieur et le diamètre de l'extrémité inférieure du gros tube est beauconp plus petit que la section de la partie moyenne. Il en résulte que, quand on souffle lentement, la pression augmente dans le gros tube, refoule le liquide dans la branche étroite et le siphon se trouve amorcé. Une vive pression chasse au contraire complètement le liquide et le siphon ne fonctionne plus.

Le vase intérieur doit être ainsi vidé chaque semaine. Quant au liquide extérieur il n'est à remplacer que tous les mois ou même encore moins souvent. L'opération se fait également à l'aide du siphon.

Fig. 109



La pile reste donc ainsi toujours montée et ce n'est qu'une ou deux fois par an qu'on la démonte pour faire un nettoyage complet.

La force électro-motrice de la pile est de deux volts environ. Il faut trois éléments pour faire donner la lumière blanche aux petites lampes dont il a été question, toutefois c'est leur demander une dépense trop forte et que la pile ne peut donner longtemps sans baisse de la lumière. Le meilleur moyen de remédier à la baisse de force électro-motrice, c'est d'unir en quantité deux séries de trois éléments. En disposant ainsi les six éléments que nous avons employé dans nos essais, nous avons pu sans peine obtenir des séances de cinq heures d'éclairage sans baisse apparente de la lumière et pendant toute une semaine.

Disons cependant pour finir que toute pile quelconque demande une certaine somme de soins, mais il en est d'ailleurs ainsi de toute source quelconque d'électricité. Les dynamos, mûs par moteur, et les accumulateurs demandent également à être surveillés constamment et l'idéal pour le micrographe serait de recevoir l'éclairage électrique par canalisation. Espérons que, au moins dans toutes les grandes villes, ce désideratum sera rempli dans un avenir peu éloigné. A Anvers des propositions sont faites. Il est fort probable que l'Administration Communale les acceptera et que le public aura bientôt l'éclairage électrique à sa disposition.

LIVRE II.

LES MICROSCOPES SIMPLES ET LES MICROSCOPES A PROJECTION.

CHAPITRE I.

LE MICROSCOPE SIMPLE.

Le microscope simple, dont on s'est servi pour toutes les études sérieuses jusqu'à ce que l'on eût trouvé le moyen de rendre le microscope composé achromatique, se compose essentiellement d'un verre grossissant fixé à une tige mobile et au-dessous duquel les rayons sont réfléchis, par un miroir, sur une plaque de verre ou de cuivre et qui sert de platine.

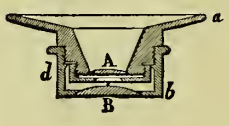


Fig. 110.

Fig. 111.*

De nos jours, on ne se sert plus guère du microscope simple, si ce n'est pour les dissections microscopiques qui se font à des grossissements de 15 à 60 diamètres.

Anciennement on se servait de lentilles biconvexes. Actuellement on emploie généralement des doublets dont la première idée est due à Wollaston. Charles Chevalier reprit l'idée de Wollaston et fit les doublets tels qu'on les construit encore maintenant. Le doublet de Chevalier est une combinaison de deux lentilles plano-convexes à foyer égal et dont la convexité est tournée vers l'œil (fig. 110 et 111).

(*) La figure 110 représente le doublet tout monté, et la figure 111 montre la disposition des verres : A, verre supérieur ; B, verre inférieur ; O, diaphragme intermédiaire.

Un petit diaphragme destiné à corriger l'aberration de sphéricité est posé entre les deux lentilles, qui sont de grandeur inégale, mais de même foyer. L'avantage des doublets sur les lentilles biconvexes est qu'à grossissement égal les premiers donnent une image beaucoup plus nette et bien plus exempte d'aberration de sphéricité.

Plusieurs opticiens s'occupent spécialement de la construction des microscopes simples; mais c'est la firme Chevalier qui s'est faite la plus grande réputation en ce genre.

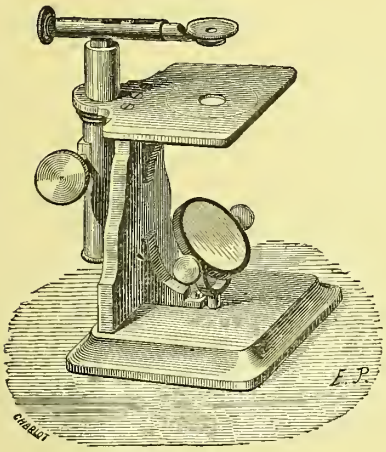


Fig. 112.

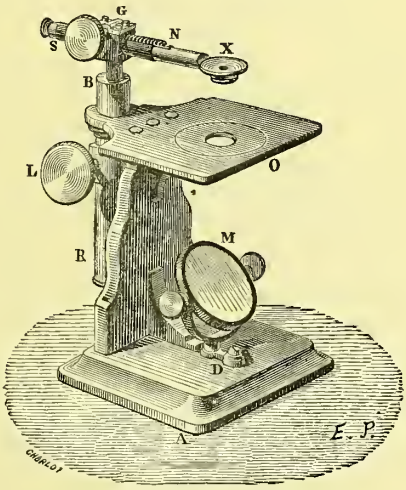


Fig. 113.

La maison A. Chevalier fabrique plusieurs modèles de microscopes simples. L'un de ces microscopes (fig. 112) se livre à 50 francs, accompagné d'un doublet grossissant 40 fois. Un autre modèle plus perfectionné (fig. 113), est accompagné de deux doublets et se vend 100 francs. Il est formé d'un pied lourd faisant corps avec la platine et portant à sa partie inférieure le miroir réflecteur. Le doublet est porté par un bras mobile d'avant en arrière, au moyen d'une crémaillière, et qui peut également, en tournant sur son axe, décrire un arc de cercle complet, de façon à parcourir successivement toute la surface de la platine.

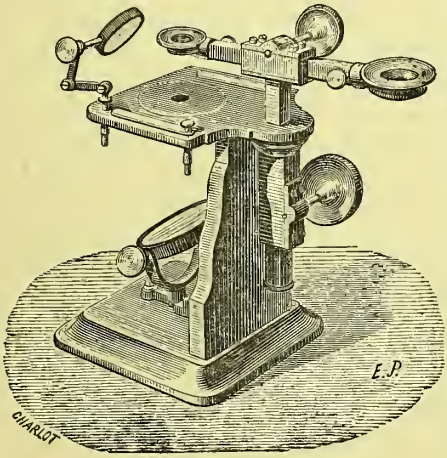


Fig. 114.

Enfin un dernier modèle (fig. 114)

encore plus soigné et à colonne carrée, coûte aujourd'hui 130 francs.

Chevalier livre des doublets séparément; leurs prix varient, savoir : doublets grossissant de 12 à 120 fois : 10 francs; idem de 130 à 240 fois : 15 francs; idem 480 fois : 20 franes; idem 500 fois : 25 francs.

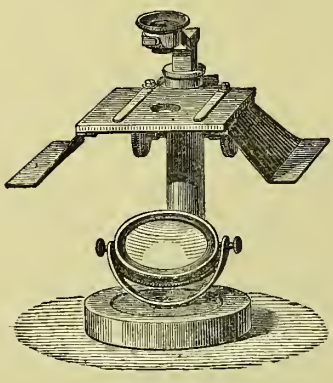


Fig. 116.

M. Nachet s'occupe aussi de la construction de microscopes simples. Un de ses instruments, ayant un mouvement de crémaillère à deux boutons destiné à mettre au foyer, et une platine portant deux ailes devant servir d'appui aux mains pour les dissections minutieuses, est livré à 60 francs avec deux doublets (fig. 115).

Enfin un appareil binoculaire de dissection (fig. 116), que nous avons pu examiner dans le temps et au moyen duquel le relief des sujets qu'on dissèque est apprécié d'une manière complète, se vend aussi 60 francs.

Le même opticien livre encore des doublets séparément. Le prix est de 6 francs pour ceux de 20 à 5 millimètres et de 10 francs pour ceux de 5 à 2 millimètres de foyer.

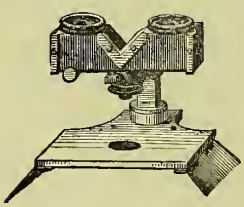


Fig. 116.

La maison Carl Zeiss, d'Iéna, s'est également acquis une juste notoriété pour ses microscopes simples et elle a imaginé, il y a des années, une combinaison adoptée par un grand nombre d'observateurs et qu'on ne saurait trop recommander.

Cette combinaison est formée par un objectif composé de trois lentilles achromatiques vissées à l'extrémité inférieure d'un tube qui, à sa partie supérieure, porte un oculaire achromatique concave.

On peut employer les lentilles soit isolément, dans ce cas elles donnent un grossissement de 15, 20 et 30 fois; soit réunies à l'oculaire une ou deux ou les trois à la fois, les grossissements sont alors de 40, 60 et 100 fois. La distance focale est excessivement grande, elle est de 9 millimètres pour le plus fort grossissement et de 30 millimètres pour le plus faible.

Cette excellente combinaison qui peut s'appliquer au premier microscope simple venu, ne coûte que 30 marcs, soit fr. 37-50.

M. Nachet fabrique une combinaison analogue au prix de frs. 35.

CHAPITRE II.

LES MICROSCOPES A PROJECTION.

Microscope solaire, microscope a gaz.

MICROSCOPE PHOTO-ÉLECTRIQUE.

La difficulté qu'il y a à montrer successivement à un certain nombre de personnes les objets microscopiques sur lesquels on veut appeler leur attention, et la perte de temps qui en résulte nécessairement, a fait depuis longtemps songer à des appareils spéciaux qui permissent d'éviter ces inconvénients. De là l'origine des microscopes à projection.

Ces appareils reposent tous sur le même principe qui est aussi celui de la lanterne magique : les rayons, provenant d'une source de lumière, sont reçus par une lentille convexe (ou une réunion de lentilles jouant le même rôle) qui les concentre sur l'objet ; de là, ces rayons parviennent à un objectif placé à une distance un peu plus grande que la distance focale principale. Grâce à cette disposition, il se forme une image réelle et très amplifiée de l'objet et cette image est reçue sur un écran plus ou moins éloigné.

On distingue plusieurs espèces de microscopes à projection qui, en réalité, sont à peu près le même instrument, mais dont le nom varie d'après l'appareil d'éclairage. Ce sont le microscope solaire, le microscope photo-électrique et le microscope à gaz.

Tous ces appareils exigent une chambre ou une salle complètement obscure, afin qu'aucune lumière autre que celle fournie par l'instrument ne vienne frapper les yeux des spectateurs, et ne diminue par suite l'intensité de l'image qui doit être reçue sur un écran bien tendu et formé soit de papier blanc résistant, soit d'une toile bien blanche. Lorsque les spectateurs sont placés du côté de la toile opposé à celui où est placé l'appareil, il faut alors que la toile soit mouillée immédiatement avant les expériences ou bien, ce qui vaut mieux, qu'elle soit encollée avec une ou deux couches de gélatine. Le but de cet encollage est de fermer les interstices qui se trouvent entre les fils de la toile.

Le plus ancien des appareils, dont il est ici question, est le microscope solaire dont l'invention est généralement attribuée à Lieberkuhn. Toutefois les recherches de M. Harting prouvent incontestablement que cet appareil est dû au Père Kircher et que Lieberkuhn, qui avait fait connaître cet instrument en Angleterre et s'en était attribué l'invention, n'avait fait qu'imiter un microscope construit par Fahrenheit qui demeurait alors à Amsterdam. C'est dans cette ville, entre les mains de George Clifford et de Henri de Raad, que Lieberkuhn avait vu cet instrument.

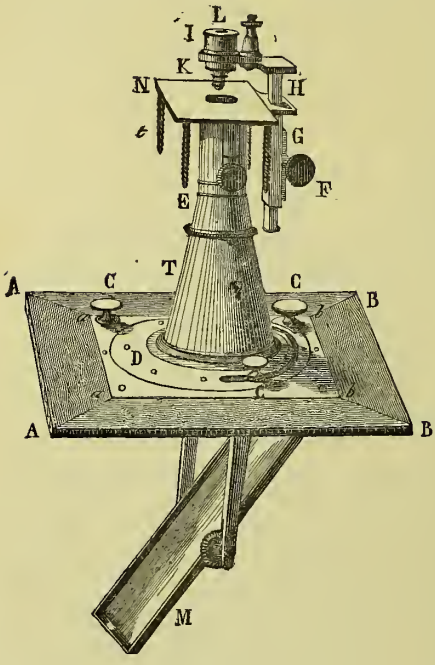


Fig. 117.

Le microscope solaire a reçu de Charles Chevalier de très importantes modifications ; c'est le modèle combiné par cet illustre opticien (fig. 117) dont nous allons donner la description.

AABB, plaque de bois, ou panneau de volet, percé d'une ouverture circulaire qui doit être située exactement en face du tube T de l'instrument.

aabb, plaque en cuivre fixée sur la précédente au moyen de boutons à vis, M miroir plan réflecteur qui peut se mouvoir circulairement à l'aide du bouton C, qui fait tourner le disque D au moyen d'un engrenage.

C second bouton qui imprime au réflecteur un mouvement vertical.

Afin de donner toute l'exactitude et la solidité possibles au mouvement vertical de l'appareil, Charles Chevalier a placé sur le côté de l'instrument une roue d'engrenage.

T est un tube conique qui porte à son extrémité évasée le grand verre condensateur ; le sommet du cône est terminé par un tube E qui reçoit un autre tube *t*, dont l'extrémité est garnie, près du porte-objet, d'un second verre condensateur qui reçoit généralement le nom de *focus*.

Charles Chevalier a rendu cette lentille mobile au moyen d'une crémaillière. On peut donc changer le foyer de cette lentille, ou, en d'autres termes, placer l'objet plus ou moins près de son foyer, et cette circonstance est importante; car certains objets exigent peu de lumière et d'ailleurs il en est qui seraient consumés ou altérés à

l'instant même s'ils étaient placés exactement au foyer des condenseurs. Au niveau de E le tube est mobile, ce qui permet aussi de régler l'éclairage.

N représente la platine formée de deux plaques qui s'écartent et se rapprochent à volonté au moyen de petits ressorts hélicoïdes. Autrefois on ne pouvait employer que des préparations d'une certaine forme ; la disposition de Charles Chevalier permet de soumettre à l'action de l'instrument tous les corps imaginables, et notamment les boîtes à parois parallèles transparentes.

Voyons maintenant comment est construit le système amplificateur. H est une tige carrée que le bouton d'engrenage F fait glisser dans la boîte G ; à son extrémité se trouve fixée à angle droit la pièce I, qui reçoit les trois lentilles achromatiques K, et dans certaines circonstances la lentille concave L, dont nous reparlerons. Tout près de L se trouve une vis de rappel pour mettre exactement au foyer.

Charles Chevalier a aussi appliqué au microscope solaire l'emploi de la vis de rappel pour les mouvements lents. Aussitôt qu'il parvint, en 1823, à faire des lentilles achromatiques il les adapta au microscope solaire.

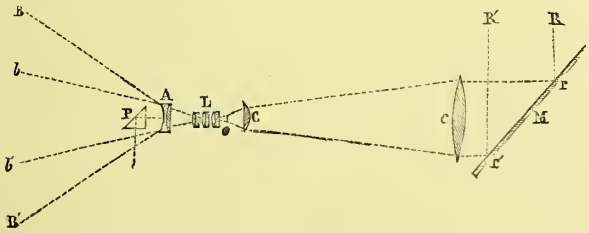


Fig. 118.

Avant d'indiquer la marche à suivre pour faire usage de l'instrument solaire, expliquons en quelques mots la théorie de l'instrument.

M (fig. 118) représente le miroir, *c* le grand condensateur, C le *focus*, L les trois lentilles achromatiques, A la lentille concave achromatique, P est un prisme rectangulaire que l'on adapte ou que l'on supprime à volonté, R R' représentent les rayons solaires réfléchis en *rr'* par le miroir M, réfractés par le condensateur *c*, et, enfin, par la lentille C qui les concentre sur l'objet *o*. Les rayons qui partent de l'objet sont repris et réfractés de nouveau par les lentilles L, et vont, après s'être entre-croisés, former, sur un écran placé au-devant de l'instrument, une image renversée de l'objet, d'autant plus grande que l'écran est plus éloigné de l'objectif.

Nous avons signalé l'emploi de la lentille plano-concave achromatique A (fig. 118); voici les avantages que l'on en retire.

Il arrive souvent que la chambre où l'on fait les expériences n'est pas assez profonde et que l'on ne peut obtenir l'amplification désirable. En plaçant devant les lentilles le verre achromatique concave dont

nous avons parlé, on remédie à cet inconvénient, car l'image produite est bien plus grande que si la lentille n'était pas employée. Du reste, la figure fera parfaitement comprendre cet effet : la plus grande divergence des rayons BB' produit une image plus grande que si elle était formée par la prolongation des rayons *bb'*, arrêtés à la même distance. Le verre concave peut-être supprimé suivant les effets que l'on désire obtenir.

La figure fait également comprendre l'effet du prisme P, qui permet de reporter l'image, soit latéralement, soit sur le parquet ou au plafond.

Voyons maintenant comment on emploie le microscope solaire :

La chambre servant aux observations devra, autant que possible, n'avoir qu'une fenêtre exposée au midi. Cette fenêtre sera parfaitement calfeutrée à l'aide de volets, puis on enlèvera un des carreaux que l'on remplacera par un panneau de bois que l'on percera d'une ouverture circulaire assez grande pour y faire passer le miroir de l'instrument. C'est sur ce panneau que l'on fixera la plaque *aa*, *bb*, que l'on maintiendra à l'aide des boutons à vis qui seront serrés dans des écrous placés dans le panneau.

Le miroir M se trouvera donc en dehors de la fenêtre ainsi que le grand verre condensateur.

On enlèvera alors le porte-objectif L et on fera mouvoir le miroir M en tournant peu à peu les boutons *cc* jusqu'à ce que le soleil vienne se réfléchir dans le miroir M qui renverra les rayons solaires sur le condensateur. Puis, saisissant l'engrenage du *focus*, on le fera mouvoir jusqu'à ce qu'on obtienne sur l'écran un disque parfaitement éclairé. Il ne restera plus qu'à remettre en place le porte-objectif et à glisser la préparation entre les deux plaques à ressort de la platine.

On cherchera ensuite le foyer en faisant mouvoir les lentilles à l'aide du bouton F.

On sait que le *focus* est destiné à régler la lumière et que l'on peut avec lui éclairer peu ou fortement l'objet, suivant que l'on fait arriver sur ce dernier le foyer des rayons lumineux ou qu'on place l'objet en dedans de ce foyer. Les objets délicats, vivants, etc., ne doivent donc pas être placés au foyer des rayons lumineux, mais bien en dedans. Du reste, un peu d'habitude apprendra de suite ces petites précautions. On devra aussi surveiller l'état de la lumière, car le mouvement de la terre oblige nécessairement à déplacer de temps à autre le réflecteur.

La connaissance intime des objets à observer donnera le secret de l'éclairage et l'on comprendra tout de suite que si, sur un animal vivant, tel que ceux que l'on emploie quant on veut observer la circulation du sang, on projette le foyer des rayons solaires, il y aura cessation de la vie, et par conséquent du phénomène ; d'autres fois, cette concentration de la chaleur est nécessaire, par exemple, lorsqu'il

s'agit de faire cristalliser des solutions salines. Il est donc important de savoir régler la lumière avec le *focus*. On peut également, pour cet usage, se servir du tube E, que l'on fait glisser dans le tube T. L'image produite par le microscope est reçue sur un écran, qui doit être parfaitement tendu et parallèle au microscope. Plus l'écran sera près, plus l'image sera petite et *vice versâ*. Cependant l'écran ne peut être reculé que dans certaines limites, sinon la lumière devient insuffisante. Du papier blanc, bien tendu sur un châssis, formera un des meilleurs écrans. On peut aussi employer du papier végétal ou projeter l'image sur une muraille bien blanche et unie.

En se plaçant derrière l'écran, lorsqu'il est en papier mince, on voit distinctement les objets et l'on peut les dessiner. Lorsque l'on montre à un plus ou moins grand nombre de spectateurs les merveilleux effets du microscope solaire, on les fait placer derrière l'écran, afin qu'ils ne puissent voir que l'objet, et que rien ne distraie leur esprit.

Afin d'obvier aux inconvénients de la lumière solaire, surtout lorsqu'il s'agit de démonstrations scientifiques, on a recours à l'emploi de la lumière oxy-hydrique ou de la lumière électrique. On employe donc le microscope à gaz ou le microscope photo-électrique, qui, nous l'avons déjà dit, ne sont autres que l'instrument solaire modifié relativement à la source lumineuse.

Le microscope à gaz, employé premièrement par M. Cooper, de Londres, fut importé en France par M. Warwick, mais l'appareil était dangereux à employer ; Charles Chevalier et Galy-Cazalat le modifièrent de façon à le rendre tout-à-fait maniable.

On comprend que, malgré l'utilité de cet instrument, son usage soit restreint.

Le microscope photo-électrique fut d'abord construit par Charles Chevalier, d'après les idées de MM. Donné et Foucault. Cet instrument a été perfectionné, relativement à la forme et à l'éclairage, par M. Duboscq, opticien, qui en a fait un appareil commode à employer. Comme le microscope à gaz, le microscope photo-électrique est d'un usage restreint, mais pour la régularité des effets, la vivacité de l'éclat de la lumière, on doit certes préférer la lumière du gaz oxy-hydrique.

Lorsqu'on a affaire à un grand auditoire, les objets très délicats ne peuvent être vus à une certaine distance, on peut alors remplacer l'objet lui-même, soit par une photographie, soit par un bon dessin tracé sur verre.

Les démonstrations à l'aide du microscope à gaz oxy-hydrique sont d'une grande utilité. Nous nous en servons avec beaucoup de succès depuis plus de vingt ans pour nos cours, et nous avons imaginé un appareil simple, très facile à manier et fonctionnant de la manière la plus régulière. Depuis plusieurs années notre appareil fonctionne

à l'École supérieure de pharmacie de Paris pour le cours de matière médicale de M. Planchon qui s'en loue beaucoup. Plus récemment le même appareil a été adopté par l'École industrielle d'Anvers, de même que par l'École de médecine de Nantes.

Dans cet appareil la source lumineuse est un cylindre de chaux rendu incandescent par un jet de gaz oxygène et hydrogène qui arrivent à volonté, soit séparés, soit combinés. Le condenseur a trois pouces et demi de diamètre et les courbes des lentilles sont calculées de façon à utiliser entièrement les rayons émis par la source lumineuse.

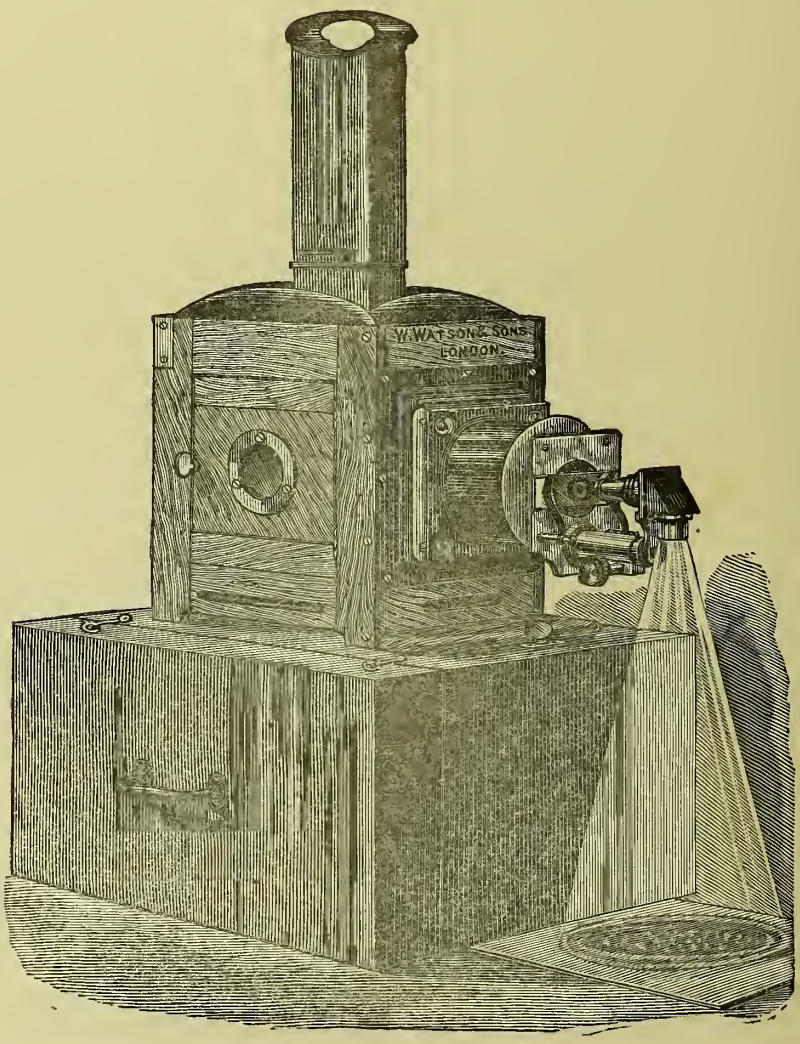


Fig. 119.

Devant le condenseur se trouve le microscope muni d'un mouvement prompt et d'un mouvement lent. L'objectif employé est le 2/3 de pouce de Ross ayant à sa partie antérieure un amplificateur achromatique.

On peut instantanément remplacer le microscope par un objectif spécial permettant de projeter les dessins et les photographies.

Une des qualités les plus précieuses de cet appareil c'est qu'il n'exige qu'une distance de 2 à 3 mètres entre l'instrument et l'écran. L'appareil à photographies, notamment, fournit une image de 2 1/2 mètres de diamètre à 3 mètres de distance.

La production de l'oxygène se fait en 20 minutes environ à l'aide de cornues spéciales en tôle qui sont à l'abri de toute explosion.

MM. Watson & Sons fabriquent aussi un microscope très simple qui s'adapte à la première lanterne à projection venue. Cet appareil, que nous représentons dans la fig. 119, ne peut naturellement être employée que pour les faibles grossissements.

Notons encore, avant de finir, que, grâce aux oculaires à projection du Prof. Abbe, tout microscope quelconque peut se transformer en microscope à projection. Il suffit pour cela de l'incliner à l'horizontalité, d'amener une source lumineuse derrière le condenseur, et de recevoir sur un écran approprié les rayons sortant de l'oculaire.

LIVRE III.

CHAPITRE I.

EMPLOI DU MICROSCOPE.

1. — Situation et disposition du cabinet de travail.

L'orientation du cabinet où l'on fait les observations n'est point indifférente. La meilleure chambre est celle dont les fenêtres s'ouvrent au nord ou à l'ouest et mieux encore dans ces deux directions à la fois. Quoi qu'il en soit, si la chose est impossible, on peut toujours se tirer d'affaire et celui qui observera dans un appartement exposé au sud travaillera encore fort bien en garnissant les fenêtres d'un rideau blanc par lequel il se protégera contre les rayons solaires directs. On agira de même pour les fenêtres exposées à l'ouest. Cette dernière exposition est particulièrement favorable aux expériences de photographie microscopique de même que pour les études dans la lumière monochromatique pour lesquelles le soleil est nécessaire.

Une grande table bien solide est le meuble le plus indispensable. On la placera dans le voisinage de la fenêtre. Cette table aura autant que possible des tiroirs placés aux extrémités, de façon que l'observateur, étant assis, puisse les ouvrir sans se déranger. Les tiroirs auront un certain nombre de compartiments dans lesquels on disposera tous les accessoires et les outils d'un usage habituel.

Depuis assez longtemps déjà nous employons une table spéciale qui paraît avoir été employée en premier lieu par Mr. AMRHEIN de Vienne. Cette table dont l'agencement général est semblable à celui de la table que nous venons de décrire en diffère par une cage vitrée qui la recouvre entièrement et qui s'ouvre antérieurement et par dessus. Dans notre modèle la partie postérieure s'ouvre également partiellement afin que la lumière n'ait pas une seconde lame vitrée à traverser dans les observations à la lumière du jour.

Pareille table est inappréciable pour le travail courant. En moins d'une minute l'observateur peut l'ouvrir et reprendre le travail précédemment interrompu. Les instruments et tous les outils sont restés absolument dans la position antérieure, à l'abri de la poussière. Quand, comme nous le faisons, on emploie la lumière électrique comme source d'éclairage, on n'a qu'a pousser le bouton du commutateur pour retrouver l'objet tout-à-fait comme il était antérieurement, dans la même position, le même éclairage, etc. Un dessin compliqué peut ainsi être achevé à l'aise, interrompu et repris autant de fois qu'on le voudra.

A défaut de table pareille, on doit, après chaque séance, recouvrir les microscopes d'un globe en verre, car les instruments pourraient s'endommager si on les ôtait trop souvent de leur boîte pour les y remettre après chaque séance.

2. — Choix de la lumière.

On travaillera autant que possible à la lumière du jour. Si, par suite de circonstances majeures, on ne peut observer que le soir, il faut employer une flamme tranquille et blanche. A défaut de la lumière électrique les lampes à pétrole rempliront le mieux et le plus économiquement le but. Pour les travaux histologiques on disposera parfois avec avantage sur le diaphragme un petit verre mat pour adoucir le trop vif éclat de la lumière. On y réussit aussi en interposant un verre bleu, choisi de façon que la couleur du verre étant complémentaire de celle de la flamme, l'on obtienne une lumière blanche.

Dans la journée, la lumière du soleil réfléchie par les nuages blancs ou par un mur de même couleur doit être préférée. La couleur bleue du ciel ne permet point l'observation des détails très délicats.

Jamais, dans les observations ordinaires, on ne peut utiliser la lumière solaire. On doit rechercher la lumière la plus douce possible en la modérant encore par l'emploi de diaphragmes, en ne perdant pas de vue que les plus petites ouvertures du diaphragme sont réservées aux plus forts grossissements. Les grands instruments permettent en outre de modifier l'éclairage en élevant ou en abaissant les diaphragmes; c'est là une excellente disposition et qui permet une graduation parfaite de l'éclairage.

Les instruments complets ont deux miroirs : le plan est utilisé pour les grossissements faibles; le concave, concentrant une grande quantité de lumière, est employé pour les forts grossissements.

On peut encore placer dans le trajet lumineux divers systèmes d'éclairage dont nous avons parlé plus haut. Il va sans dire qu'on

doit employer le miroir plan, quand on se sert d'un appareil destiné à concentrer la lumière, et qu'un prisme rectangulaire qui n'a qu'une seule surface réfléchissante est encore préférable. Un mode d'éclairage, dont on n'a reconnu les grands avantages que dans ces dernières années, est celui dit *éclairage oblique*. On doit l'employer quand on veut distinguer nettement la composition des surfaces des objets les plus délicats, tels, par exemple, que certaines diatomées dont les stries sont d'une ténuité extrême. Pour l'obtenir, on place le miroir latéralement et on lui fait prendre successivement divers angles par rapport à la platine.

Quand il s'agit d'examiner des objets opaques, ceux-ci doivent être disposés sur une plaque de couleur foncée, s'ils sont clairs; de couleur claire, s'ils sont sombres. Ensuite, comme la lumière du jour ou d'une lampe est insuffisante, on en réunit les rayons en faisceau sur l'objet en interposant, à l'extérieur de l'instrument, une lentille plano-convexe, le côté plan tourné vers la préparation. Cette lentille est toujours montée sur un pied isolé dans les grands instruments et il importe de la placer de façon que le foyer en tombe à peu près sur l'objet.

Pour ce même usage, on se sert également avec avantage du miroir de Lieberkuhn dont nous avons déjà parlé.

Enfin certains objets doivent être examinés avec la lumière polarisée. A cet effet, on dispose le prisme inférieur sous l'objet et l'on remplace le cône, qui termine le tube de l'instrument à sa partie inférieure, par la pièce contenant l'analyseur et à laquelle les objectifs doivent être vissés. Après avoir mis l'objet au foyer et si, bien entendu, le prisme est surmonté d'une lentille condensatrice, on fait monter ou descendre le polariseur jusqu'à ce que le contour des objets observés soit bien net.

Lumière monochromatique. — Depuis quelque temps les micrographes, surtout ceux qui s'occupent de l'étude des diatomées, se servent d'un éclairage spécial pour l'étude des stries difficilement visibles. Ils emploient la lumière monochromatique, c'est-à-dire, qu'ils ne font usage que d'un seul des rayons du spectre, et c'est le rayon bleu qui est préféré comme permettant d'obtenir le maximum d'effet. La lumière monochromatique peut s'obtenir de plusieurs façons : d'abord en décomposant la lumière blanche par un prisme, ensuite en tamisant la lumière à travers une cuvette contenant une solution de sulfate de cuivre ammoniacal. On installe dans la fenêtre une planche portant une monture de microscope solaire dont on enlève l'objectif et le focus ; on introduit dans l'appartement un rayon de soleil que, à l'aide du miroir articulé du micoscope solaire, on fait tomber sur le miroir, du microscope d'étude. La cuve est mise tout près du microscope solaire et la solution employée doit être d'un

beau bleu suffisamment foncé. C'est cette méthode d'opérer que nous avons employée pendant longtemps, mais depuis que nous possédons l'excellent condenseur du professeur Abbe nous n'avons plus besoin d'une installation aussi compliquée. Nous nous contentons de placer le diaphragme aussi excentriquement que possible et de recevoir les rayons solaires sur le miroir plan après leur avoir fait traverser 3, 4 ou 5 verres d'un bleu foncé que l'on place simplement à quelques centimètres de distance devant le microscope. Le nombre des verres bleus doit être proportionné à l'intensité de la lumière solaire, et l'on s'abrite de la lumière superflue à l'aide d'un écran de carton.

En agissant ainsi, et, en employant les objectifs parfaits que l'on possède aujourd'hui, la résolution des tests les plus difficiles, tels que l'*Amphipleura*, même dans le baume, et celle des derniers groupes du test de Nobert, se fait fort aisément.

3. — Du grossissement.

C'est une erreur généralement accréditée parmi les personnes étrangères aux observations microscopiques, que l'on voit d'autant mieux que le grossissement employé est plus considérable. C'est là une idée entièrement fausse et la plupart des observations, surtout celles d'anatomie végétale, se font à des grossissements de 50 à 200 diamètres. Pour l'étude des diatomées nous employons habituellement un grossissement de 400 à 1000 fois, donné par un objectif apochromatique à sec de 0,95 N.A. pour l'étude courante et d'une ouverture numérique de 1.4 pour l'étude approfondie. Ce sont donc les oculaires compensateurs 4,8 et 12 que nous employons habituellement. Les grossissements plus forts ne s'emploient que rarement et seulement pour l'étude des petites formes ou pour élucider quelques détails. Quelle que soit l'observation à faire, il faut toujours commencer par étudier l'ensemble d'un objet à un faible grossissement. On passe ensuite successivement à des grossissements de plus en plus forts, mais seulement quand la nécessité en est démontrée.

4. — Règles hygiéniques a observer dans les recherches microscopiques.

L'on entend dire très souvent que les recherches microscopiques nuisent à la vue. Il n'en est absolument rien. Sans parler ici de Leuwenhoeck qui, à l'âge de quatre-vingt-dix ans, faisait encore des observations et ce à l'aide de microscopes simples, grossiers et fatigants, nous pouvons citer Schacht et Harting, qui tous deux

nous ont assuré que leur vue n'avait pas souffert des observations continues auxquelles ils se sont livrés. Nous-même, nous nous servons journellement du microscope depuis notre enfance ; bien souvent nous avons prolongé jusque dans la nuit des observations commencées le matin et ce parfois plusieurs jours de suite, une fois même pendant près de deux mois sans interruption. Nous avons passé et nous passons encore souvent de longues heures à rechercher des détails délicats dans la vive lumière solaire mitigée par la cuve cupro-ammoniacale ou le verre bleu. Sauf peut-être une très légère myopie, jamais ces recherches ne nous ont causé de dommage à la vue. Cependant, il s'en faut de beaucoup que les recherches microscopiques ne puissent jamais nuire ; au contraire, elles peuvent très bien, quand on les fait inconsidérément, amener des dangers réels. Mandl cite un micrographe qui perdit presque la vue pour avoir fait ses observations dans une chambre obscure où la lumière n'entrait que par une petite ouverture vis-à-vis du miroir. Un des algologues les plus illustres de notre époque, feu A. de Brébisson, nous écrivit aussi qu'ayant fait l'hiver, à une lumière artificielle très vive, des observations prolongées et fatigantes dans le but de compter les stries des diatomées, il en était résulté une congestion violente qui, pendant près d'un an, l'avait forcé de suspendre tout travail. Mais rien de cela n'est à craindre pour celui qui observe les conseils suivants :

1° Ne faites point d'observations immédiatement après les repas ;

2° Que le champ du microscope soit éclairé doucement. Évitez tout éclairage trop vif et surtout n'employez jamais la lumière solaire pour les observations ordinaires.

Ce n'est que dans les expériences de polarisation ou de photographie microscopique de même que pour l'éclairage monochromatique que la lumière solaire peut vraiment être utile ;

3° Suspendez immédiatement vos observations dès que vous ressentirez la moindre fatigue dans l'œil. Ceci est de la plus grande importance.

La vue, comme les autres organes, doît être sagement ménagée. Du reste il est inutile d'appuyer davantage sur les conseils donnés : l'homme de science et le simple amateur en apprécieront toute l'importance.

Une question se pose encore ici : Comment faut-il disposer le microscope pour travailler sans fatigue?

Si l'on désire simplement étudier des préparations déjà faites, ou des préparations faites extemporanément, c'est-à-dire où l'objet est recouvert de son cover, il n'y a pas de meilleure position pour le microscope que la position inclinée. Elle évite la congestion passive de la tête, congestion qui se produit par la compression des vaisseaux sanguins du cou et elle empêche les mouches volantes d'ennuyer l'observateur par leur position continue dans l'axe de la vision.

Mais, si l'on a à étudier des corps plongés dans des liquides, des dissections à faire ou des réactifs à faire agir, alors la position inclinée, ne convient plus. Le microscope doit évidemment rester dans la position verticale. Toutefois on peut encore ici remédier aux inconvénients cités plus haut, soit en coudant le microscope à angle droit, par un prisme rectangulaire comme nous le faisons depuis plus de vingt ans pour l'emploi de nos grands instruments anglais, soit en posant sur l'oculaire un prisme isocèle comme le faisait feu notre ami Harting qui était fort ennuyé par les mouches volantes.

M. le Prof. Abbe déclare dans un de ses travaux qu'un prisme bien construit n'influe en rien sur l'image. Nous partageons entièrement cette opinion. Notre prisme rectangulaire qui a l'avantage de conserver le libre jeu de la poitrime n'empêche en rien la vision des détails microscopiques les plus délicats, tels que, p. ex. les perles de l'*Amphipleura*.

5. — Exemple d'une observation au microscope.

Nous croyons avoir suffisamment expliqué le maniement du microscope ; toutefois ayant surtout à cœur de faciliter les observations aux personnes qui n'ont pas l'habitude de cet instrument et qui ont hâte d'en tirer tout le parti possible, nous croyons utile de donner un exemple de l'application des règles dont nous venons de parler.

Supposons donc un débutant qui voudrait découvrir toutes les stries du *Surirella Gemma*, l'un des tests les plus difficiles. Si, en suivant nos conseils, il y parvient, il peut être assuré que le microscope n'aura plus pour lui de secrets.

Prenons un bon microscope ordinaire, dépourvu de condenseur mais muni d'un miroir articulé et posons-le à quelques pieds de la fenêtre, sur une table bien solide dont la hauteur soit telle qu'on puisse, étant assis, regarder commodément et verticalement dans le tube. Il s'agit d'arriver au but par gradation. Plus tard, quand l'élève sera expérimenté, il y atteindra aisément.

Pour cela essayons d'abord un objectif d'un 1/2 pouce environ ; quand il est vissé au tube, celui-ci est armé d'un oculaire de force moyenne, puis le diaphragme à ouverture moyenne est mis en place.

Il s'agit maintenant d'éclairer. Pour cela, le miroir réflecteur, laissé dans l'axe du tube, est incliné de façon à réfléchir la lumière à travers l'ouverture du diaphragme. Il faut ici procéder par tâtonnements et jusqu'à ce que cette lumière soit blanche et douce : aussi longtemps qu'il n'en est pas ainsi, soyez assuré que l'inclinaison du réflecteur est défectueuse.

Vous posez ensuite sur la platine la préparation munie de sa lamelle de verre qui recouvre l'objet et vous descendez le tube jusque contre cette préparation, en évitant soigneusement de la toucher de peur de la briser. Tenant ensuite les doigts sur celle-ci ou bien la maintenant au moyen des valets, vous haussez lentement le tube jusqu'à ce que vous aperceviez les *Surirella* d'une manière plus ou moins confuse, et, vous emparant alors de la vis de rappel, vous la faites mouvoir à droite ou à gauche jusqu'à ce que celle de ces diatomées qui se trouve au centre du champ vous apparaisse nettement sous la forme d'un corps elliptique divisé par une ligne médiane et ayant en outre douze à seize lignes transversales de chaque côté.

Ce n'est pas tout, ceci n'est que le premier acte du spectacle ; assujettissez bien la préparation au moyen des valets afin qu'elle ne se dérange pas et prenez un objectif plus puissant, par exemple un 1/6e de pouce environ ; vous montez le tube pour avoir la faculté d'enlever le premier objectif et d'y substituer le 1/6e ; ceci fait, vous substituez également au diaphragme moyen celui de tous dont l'ouverture est la plus petite, et vous descendez le tube à la main jusque contre la préparation, pour le remonter insensiblement aussitôt, jusqu'à ce que vous aperceviez confusément l'objet ; puis la vis de rappel, tournée à droite ou à gauche, doit vous montrer avec la plus grande netteté ce que vous avez vu la première fois, considérablement agrandi, mais sans aucun détail de plus.

La lumière directe étant ainsi reconnue inefficace, voyons ce que nous donnera la lumière oblique.

Enlevons tout d'abord et le diaphragme et la platine inférieure qui le contenait, afin de dégager ainsi complètement, par dessous, la platine réelle du microscope ; puis inclinons à droite ou à gauche la tige du réflecteur de manière à l'écarter de l'axe du tube, tout en conservant sur l'objet une lumière suffisante; essayez ainsi de toutes les inclinaisons imaginables jusqu'à ce qu'enfin vous voyiez apparaître entre les lignes transversales dont nous avons parlé, et parallèlement à celles-ci, d'autres petites lignes trés fines et fort serrées. Un œil exercé aperçoit même ainsi, au moyen du 1/6e de pouce, les fines lignes longitudinales que nous cherchons; mais, pour les voir nettement et commodément, il nous faut avoir recours à un objectif à immersion.

Prenons donc un objectif à immersion dans l'eau. Ne touchez ni à la préparation ni au réflecteur; haussez le tube, enlevez le 1/6e; puis, avant d'y substituer le nouvel objectif prenez une gouttelette d'eau distillée bien pure, au moyen d'une baguette de verre, et déposez-la sur la lentille inférieure ou frontale sans toucher celle-ci, de peur de la rayer; vissez ensuite l'objectif au tube; déposez une autre gouttelette d'eau sur la préparation et descendez le tube à la main jusqu'à ce que les deux

gouttes se confondent; l'avantage de ce procédé est d'éviter les bulles d'air qui sont un obstacle sérieux à l'observation. Substituez aussi un oculaire faible à l'oculaire dont vous vous êtes servi.

C'est ici surtout qu'il faut faire mouvoir le tube avec la plus grande prudence; le danger est d'autant plus redoutable que l'eau empêche de distinguer parfaitement l'espace qui sépare l objectif de la préparation; le meilleur moyen de ne rien briser, c'est de procéder par tâtonnements, de mouvoir légèrement la préparation d'une main, tandis que de l'autre la vis de rappel est tournée de gauche à droite ou de droite à gauche avec une extrême délicatesse, jusqu'à ce que le *Surirella* se montre nettement; si vous descendez trop le tube, vous êtes averti, par l'immobilité de la préparation, par la résistance qu'elle présente, que vous manœuvrez à faux et qu'il importe de remonter en tournant la vis de rappel de droite à gauche. Alors vous inclinez le réflecteur placé en dehors de l'axe du tube jusqu'à ce que vous voyiez nettement les lignes longitudinales ondulées de l'objet de vos recherches.

Cependant il peut se faire que vous ne soyez pas encore entièrement satisfait. En ce cas, il n'y a plus d'autre ressource que d'utiliser la correction; pour atteindre ce but, vous saisissez le cordon molletté mobile qui se trouve au centre de la monture de l'objectif et dont la destination est de corriger l'influence de la lamelle de verre ou couvre-objet placé sur la préparation; vous lui imprimez successivement un mouvement de droite à gauche ou de gauche à droite jusqu'à ce que vous distinguiez les lignes ou stries avec la plus grande netteté. En général, quand on se sert de la lumière oblique, il faut rapprocher les lentilles de l'objectif en tournant (dans les objectifs français) la correction de droite à gauche; si, au contraire, on utilise la lumière directe, il faut agir en sens inverse et tourner la correction de gauche à droite.

Une observation importante, c'est que, pour éviter de peser sur la préparation et de la briser, et aussi pour tenir l'objet au foyer, il faut, en même temps que l'on fait marcher la correction dans un sens, faire mouvoir la vis de rappel, soit de gauche à droite, soit de droite à gauche.

Telles sont les opérations à faire pour le débutant que nous avons supposé muni d'un microscope de bonne qualité et suffisant pour la plupart des recherches courantes.

Si, au lieu de cet appareil on eût eu à sa disposition un microscope de premier ordre, muni d'un condenseur Abbe et d'un objectif homogène à très grande ouverture numérique, soit par exemple un apochromatique à O. N. 1.4, les choses eussent été bien simplifiées. L'observation finale eût dû montrer non pas des lignes ondulées mais des points (habituellement appelés « perles ») nettement isolés; l'on y fut aisément

parvenu en employant le condenseur d'après les règles qui ont été données page 84 de cet ouvrage.

Maintenant que le but est atteint, que l'opération est terminée, vous n'avez plus qu'à hausser le tube, à essuyer la préparation et surtout à sécher avec le plus grand soin la lentille au moyen d'un mouchoir de batiste bien usé. Ces détails paraîtront bien minutieux aux experts, mais ce n'est pas pour eux que nous écrivons ceci ; ils en savent autant et peut-être plus que nous ; notre unique but a été d'initier aux secrets les plus intimes du microscope ceux qui n'ont pas l'habitude du maniement de cet instrument délicat. Après quelques jours d'essais, et si nos conseils sont bien suivis, les débutants seront passés maîtres, et alors ils nous sauront gré, nous aimons à l'espérer, des renseignements que nous nous sommes fait un devoir et un plaisir de leur donner.

Choix d'un microscope.

Divers points doivent être pris en considération quand on choisit un microscope. Les principaux sont la nature des recherches auxquelles on destine l'instrument et le prix que l'on veut y mettre.

Il est peu avantageux pour un commençant de faire de suite l'acquisition d'un grand instrument complet mais il est plus mauvais encore d'acheter, pour commencer, un petit instrument de qualité inférieure. Au bout de peu de temps il faudra le remplacer et on regrettera alors l'argent dépensé en pure perte.

Ce qu'il y a de plus raisonnable, c'est d'acheter de prime-abord une excellente monture et telle qu'elle puisse suffire plus tard à tous les travaux que l'on aura en vue. Si, à pareille monture, on joint deux objectifs, par exemple, le $^1/_{2^e}$ pouce et le $^1/_{6^e}$ de pouce, on pourra commencer par s'exercer et plus tard en complètera son outillage.

Nous ne conseillerons à personne de faire cette acquisition à la légère et chez le premier venu. Il ne faudra jamais prendre que des instruments signés, de constructeurs connus, et, si l'on ne s'adresse pas au fabricant lui-même au moins n'emploiera-t-on comme intermédiaires que des maisons connues et en qui l'on puisse avoir toute confiance.

L'Allemagne, l'Angleterre, l'Autriche et la France possèdent des constructeurs éminents ; nous passerons en revue les principales maisons de ces divers pays en décrivant les modèles qui nous semblent les plus appropriés pour les recherches sérieuses. Pour le choix définitif l'acheteur consultera ses gouts, ses préférences et, surtout, les ressources de sa bourse.

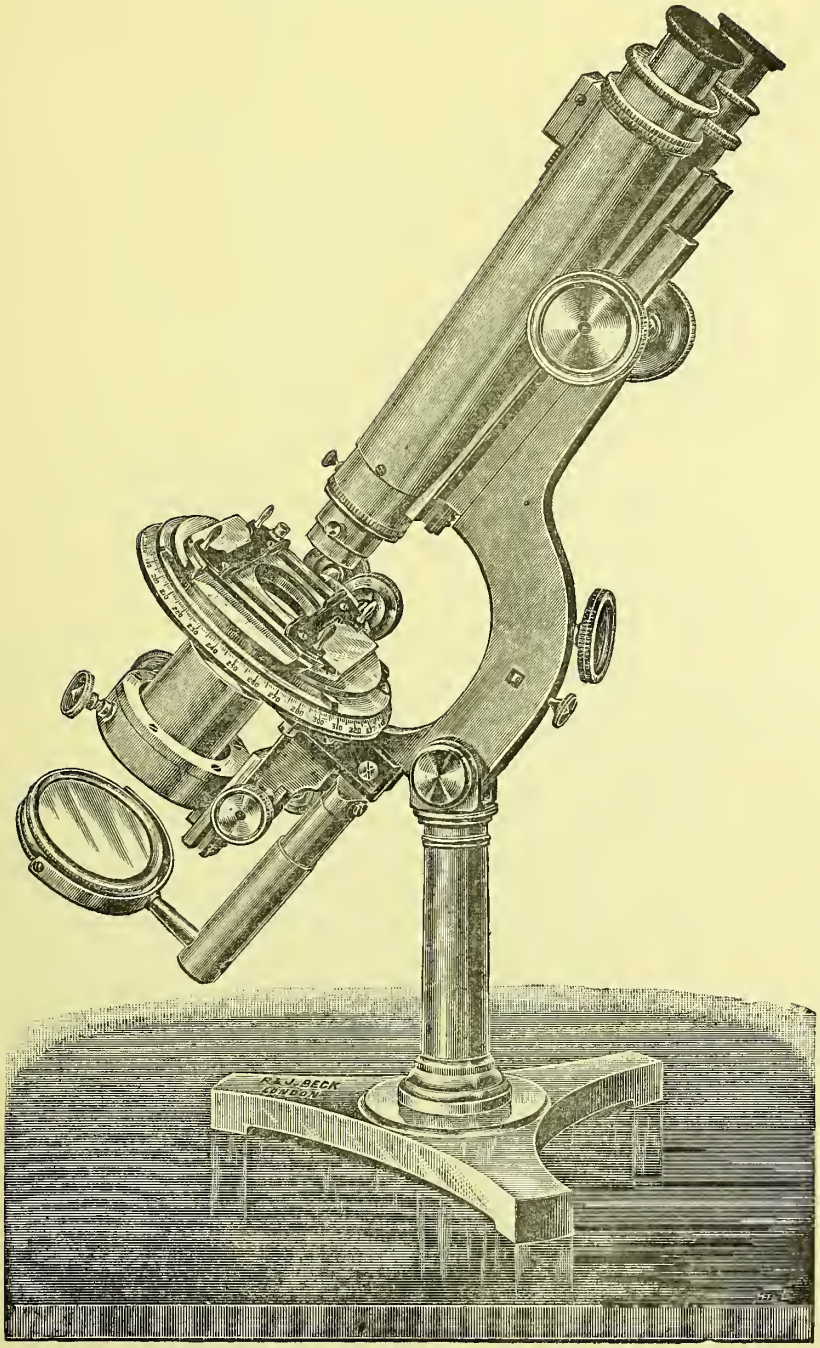


Fig. 122.

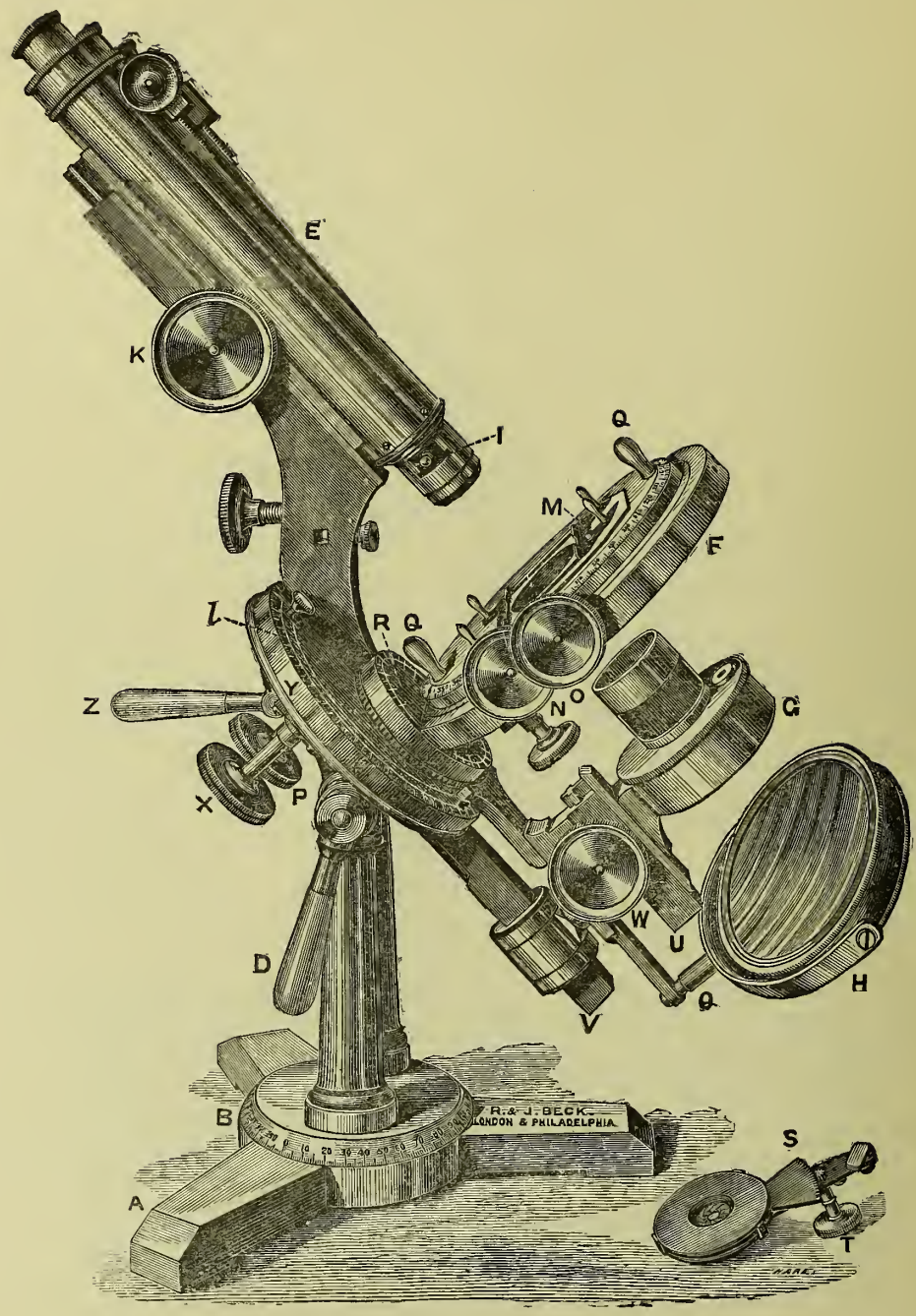

E
K
I
Q
M
F
L
R
Q
Z
Y
N
O
G
X
P
W
U
D
H
Q
V
B
R. & J. BECK
LONDON & PHILADELPHIA
S
A
T

Fig. 120

MM. R. & J. BECK à Londres (68 Cornhill, E. C.) est une des premières maisons de l'Angleterre et leurs instruments sont fort estimés.

Leur grand modèle N° 1 (fig. 120), appelé « *The International* », est inclinant et binoculaire.

Le mouvement prompt est donné par une crémaillière commandée par le pignon K et le mouvement lent est produit par l'intermédiaire d'un levier sur lequel agit le bouton L.

Le corps du microscope est supporté par deux colonnes placées sur une plaque horizontale circulaire et graduée B qui peut tourner sur un support ayant trois prolongements en forme de trépied A pour donner plus de stabilité à l'instrument.

La platine est de construction toute spéciale. Attachée à l'extrêmité d'un disque R pouvant pivoter autour d'un point central, elle peut tourner de façon à être placée sous différentes inclinaisons ; elle peut même être complètement retournée, permettant ainsi l'examen de l'objet quelque soit l'obliquité de la lumière sans craindre un empêchement quelconque pouvant provenir de son épaisseur. Le chariot reçoit les mouvements vertical et horizontal au moyen des boutons N et O ; le bord de la platine est divisé en 360 degrés pour servir comme goniomètre.

Un diaphragme-Iris, qui peut s'enlever de la platine pendant la rotation de celle-ci, à son ouverture réglée par une crémaillière et un bouton T.

Le substage G, qui peut recevoir tous les appareils d'éclairage que l'on y place d'ordinaire, est mobile autour de l'axe optique pour l'emploi de la lumière oblique au moyen de la pièce *l* actionnée par le bouton X et tournant dans un grand anneau gradué Y.

C'est à cet anneau, dont la marche, dans l'axe optique, est réglée par le levier Z, que se trouve rattachée la plus grande partie des mouvements angulaires du microscope.

Une barre triangulaire V porte un miroir concave mobile dans toutes les directions et indépendant des mouvements des appareils d'éclairage.

Le prix de cette belle monture binoculaire accompagnée de deux paires d'oculaires, de pinces, etc., est de 1250 frs. Monoculaire elle ne coûte que 1075 francs.

Le deuxième grand modèle de ces constructeurs (fig. 121) est également porté par deux colonnes, mais celles-ci sont directement fixées sur le support à prolongements sans l'intermédiaire d'une plaque tournante.

La platine peut tourner sur son axe à l'aide d'un engrenage et est graduée pour la mesure des angles ; elle porte un chariot à mouvements très précis.

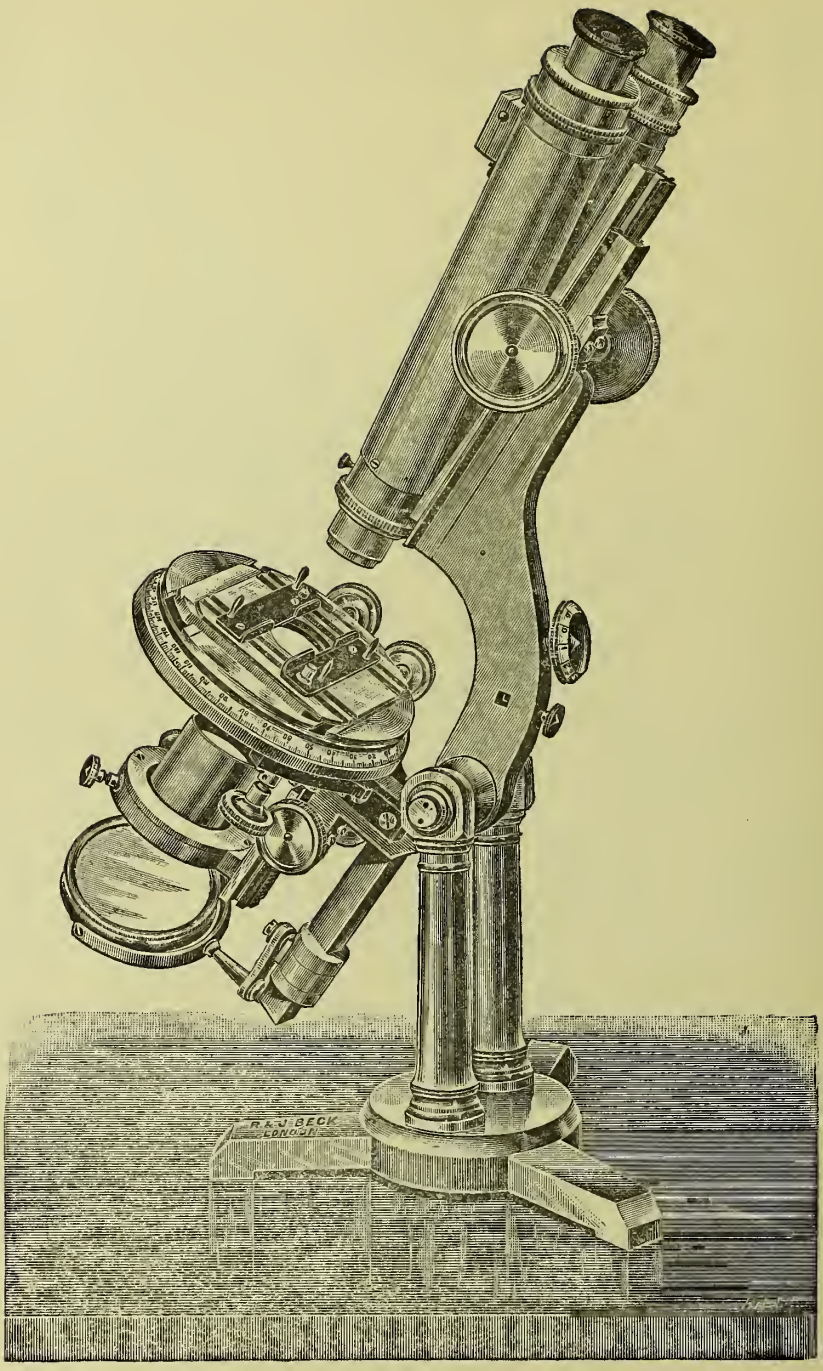


Fig. 121.

Le substage s'enlève à volonté et peut être élevé ou abaissé par une crémaillière. Le réglage, dans l'axe optique du microscope, des condenseurs et autres appareils d'éclairage, se fait par le moyen de deux vis agissant sur un ressort. Le miroir concave est articulé sur un anneau glissant sur une barre triangulaire. Le mouvement rapide est à crémaillière et le mouvement lent est à levier.

Le microscope entier est mobile entre les colonnes et peut prendre toutes les inclinaisons. Cette monture, accompagnée de deux paires d'oculaires et de quelques accessoires coûte 875 frs quand elle est binoculaire et 700 francs quand on se contente du tube monoculaire.

L'instrument N° 3 (fig. 122 ci devant page 131) ne diffère du précédent que par ses dimensions plus petites et par son support qui n'est formé que d'une simple colonne sur laquelle tout le microscope peut prendre l'inclinaison désirée.

Toutes les autres parties de l'instrument sont pour ainsi dire identiques à celles du modèle que nous venons de décrire, sauf le miroir qui se trouve fixé à un tube glissant sur un cylindre et qui peut, de cette façon, être utilisé pour la lumière oblique.

L'instrument binoculaire se vend au prix de 750 francs et monoculaire son prix est de frs 625.

Ces mêmes opticiens construisent un grand nombre d'autres microscopes, parmi lesquels nous citerons le modèle désigné sous le nom de *Binocular National Microscope* (fig. 123) et qui est remarquable par son prix peu élevé.

L'instrument entier est mobile sur son axe et peut prendre toutes les inclinaisons.

La platine est à rotation et à chariot, le substage peut être centré à l'aide de deux boutons latéraux et sa hauteur réglée par une crémaillière. Le miroir est articulé. Les tubes binoculaires sont à réglage facultatif pour la distance des yeux et les mouvements prompt et lent s'effectuent de la même façon que dans les grands modèles de ces constructeurs.

Accompagné de 5 objectifs, d'un revolver pour 3 objectifs, d'un miroir plan et concave, de trois paires d'oculaires, d'un condenseur achromatique, du réflecteur parabolique de Wenham, d'un appareil de polarisation, d'une chambre claire de Wollaston, d'un micromètre d'une loupe sur pied pour éclairer les objets opaques, de porte-objets, de couvre-objets, de pinces, etc., l'instrument, renfermé dans une caisse en acajou, est livré au prix de 966.25 francs. Le prix du même microscope, mais monoculaire est de frs. 878,25.

Nous donnons dans le tableau ci-après les prix des différents objectifs de ces constructeurs :

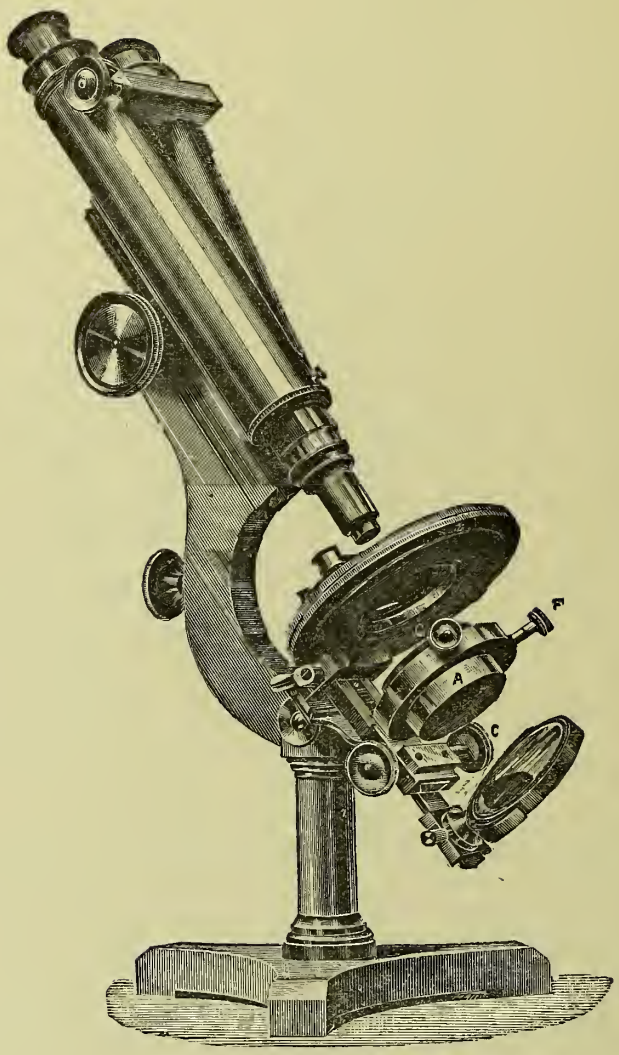


Fig. 123.

FOYER.	ANGLE D'OUVERTURE.	PRIX.
4 pouces	9°	fr. 37.50
3 »	7°	» 37.50
3 »	12°	» 62.50
2 »	10°	» 37.50
2 »	17°	» 62.50
1 1/2 pouce	23°	» 62.50
2/3 de pouce	25°	» 50.—
2/3 »	32°	» 62.50
1/2 pouce	45°	» 62.50
4/10 de pouce	65°	» 100.— à correction.
4/10 »	95°	» 125.— »
1/4 »	75°	» 87.50 »
1/5 »	120°	» 112.50 »
1/8 »	130°	» 125.— »
1/10 »	180°	» 131.25 à correction et à immersion à l'eau.
1/15 »	180°	» 200.— »
1/20 »	180°	» 250.— »
1/40 »	160°	» 500.— à correction.
Objectifs à immersion homogène.		
1/12 de pouce	ouverture numérique 1.25	fr. 137.50
1/16 »	» » 1.25	» 225.—
1/20 »	» » 1.25	» 300.—

Nous avons eu l'occasion d'examiner une série d'objectifs tous récents (Avril 1891) de ces constructeurs. Voici le résultat de nos observations.

4/10e *de pouce de* 65°. Bon objectif, résout faiblement le *Pleurosigma* dans l'éclairage oblique. Le pygidium se montre passablement bien dans l'éclairage axial.

4/10e *de pouce de* 95°. Cet objectif jouit d'une grande réputation et qui est très justifiée. C'est en effet un des plus beaux sinon le le plus beau des objectifs du même grossissement, que nous ayions vu jusqu'à présent.

La distance frontale est considérable et cependant le pygidium donne dans l'éclairage axial une image très belle et on y résout assez bien le *Pleurosigma* et le 6e groupe de Nobert.

Dans l'éclairage oblique on résout parfaitement le *Pleurosigma* et le 10e groupe de Nobert. C'est en somme, vu sa grande distance frontale un des meilleurs objectifs que l'on puisse désirer aussi bien

pour les travaux histologiques que pour l'étude sommaire des diatomées.

1/4 *de pouce*. Bon objectif pour les études histologiques mais inférieur au précédent pour les diatomées. La distance frontale est très considérable.

Dans l'éclairage axial il donne une très bonne image du pygidium et du Podura et on peut résoudre le 7e groupe de Nobert.

Dans l'éclairage oblique on voit bien le *Pleurosigma* de même que le 10e groupe de Nobert.

1/12e *de pouce à immersion homogène*. Il résout le 9e groupe de Nobert dans l'éclairage axial et le 13e dans l'éclairage oblique. L'*Amphipleura* dans le médium jaune se résout passablement.

La distance frontale est très faible.

L. BÉNÈCHE, à Berlin (Grossbeerenstrasse, 55). M. L. Bénèche est un des plus anciens et des plus zélés constructeurs de l'Allemagne et plusieurs savants distingués ont rendu justice à ses efforts. MM. Dippel et Harting parlent très favorablement de ce constructeur. Schacht estimait beaucoup les objectifs de Bénèche et nous nous rappelons avoir vu, lors du séjour que nous fîmes à Bonn,chez feu notre savant ami, des microscopes de Bénèche qui ne laissaient rien à désirer pour l'époque.

Ce constructeur fabrique aujourd'hui divers modèles de microscopes dont nous décrirons les principaux :

LE GRAND MODÈLE (A), inclinant, monté sur un pied en forme de fer à cheval, a une platine à tourbillon; le mouvement rapide pour la mise-à-point s'opère au moyen d'une crémaillière et le mouvement lent se fait par une vis micrométrique à bouton gradué. Ce microscope est muni d'un miroir articulé et d'un appareil d'éclairage d'Abbe à ouverture numérique 1.40 et à diaphragme-Iris. Le changement du condenseur pour permettre l'emploi des diaphragmes à tube s'opère par une coulisse à frottement. Il est pourvu d'un révolver pour 4 objectifs d'un micromètre oculaire, d'un appareil à dessiner d'après Oberhäuser, des objectifs Nos 2, 4, 5, 7 ordinaires et d'un objectif à immersion homogène 1/12 et des oculaires compensateurs A, B et C, donnant des grossissements de 30 à 1500 diamètres. Le prix du tout est de frs. 857,50.

Le MODÈLE (A") a une crémaillière et une vis micrométrique pour la mise-à-point; le miroir est monté sur articulations; il a aussi un condenseur d'Abbe mais seulement de 1,20 ouverture numérique. L'instrument est vendu muni d'un revolver pour 3 objectifs; des oculaires 2, 3 et 4; des objectifs ordinaires 2, 4 et 7 et d'un objectif homogène; il donne un grossissement de 30 à 1100 diamètres. Il coûte 418 frs. (fig. 124).

Un troisième modèle, désigné par la lettre B (fig. 125), a une

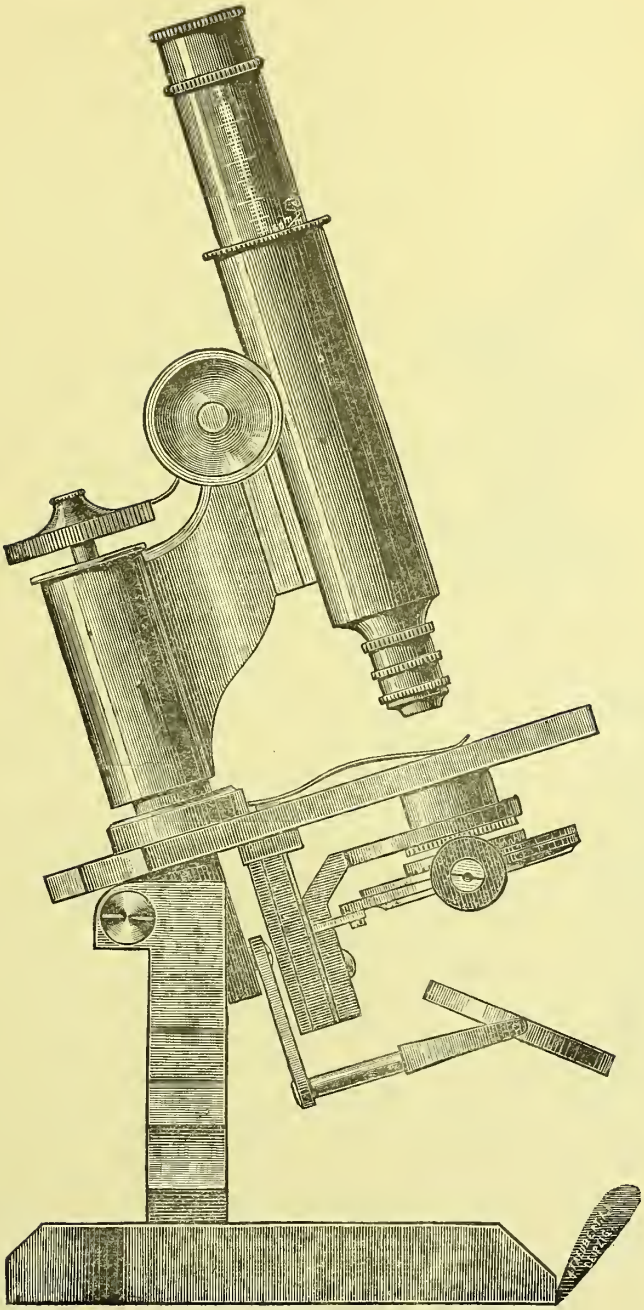


Figure 124.

platine à tourbillon et peut s'incliner sous tous les angles. Le pied est en forme de fer à cheval; le miroir est articulé; le tube à diaphragme peut être enlevé sans déranger le porte-objet. Le mouvement rapide se fait par glissement du tube et le mouvement lent à vis micrométrique. Muni de 5 oculaires, d'un oculaire micromètre mobile, d'une chambre claire d'Oberhaüser ainsi que des objectifs 2, 4, 5, 7 ordinaires et d'un objectif à correction et à immersion dans l'eau n° 10, le prix est de 550 francs.

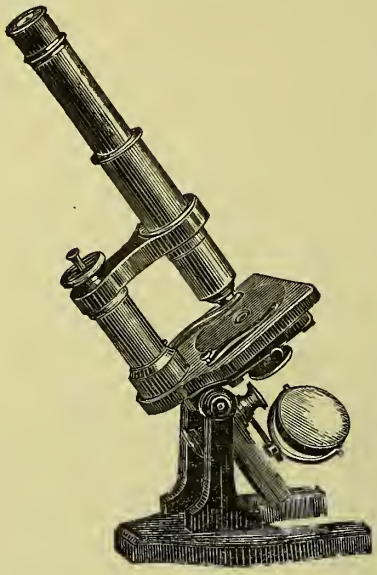


Fig. 125.

M. Bénèche construit aussi un microscope pour démonstration que nous représentons par la fig. 128, et qui est destiné à être passé de main en main dans les écoles. Il est muni d'une crémaillière et donne un grossissement de 125 diamêtres. Son prix est de fr. 43,75.

Nous n'avons pas vu d'objectifs récents de ce constructeur; nous nous contenterons donc de donner le résultat de l'examen que nous fimes de ces objectifs il y a 12 ans et que nous constatâmes dans la 3e édition de cet ouvrage. Nous ne doutons d'ailleurs pas que M. Bénèche ne les ait notablement perfectionnés.

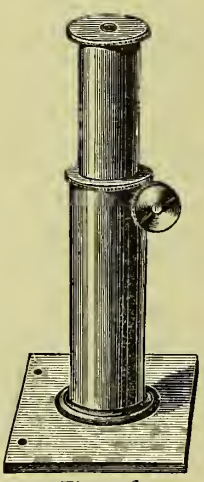


Fig. 126.

N° 2. — Cet objectif qui a un très petit angle d'ouverture, donne des images nettes; sa distance frontale, qui est de trois centimètres, le rend particulièrement convenable pour les travaux de dissection, de même que pour l'arrangement systématique des diatomées, etc.

N° 3. — Avec cet objectif les images sont pures, nettes et parfaitement incolores. La distance frontale est d'environ 1 centimètre. L'image donnée par une coupe de salsepareille est parfaite et les grains de fécule sont nettement définis. On voit assez bien la structure des aréoles du pygidium de la puce.

N° 4. — Cet objectif dont le foyer correspond à un 1/4 de pouce donne des images très nettes et très pures. Il résout le troisième groupe de Nobert dans la lumière parfaitement centrique.

N° 7. M. Bénèche construit deux objectifs de ce numéro. Tous deux correspondent à peu près à 1/6e de pouce.

Le premier de ces objectifs, qui est destiné au travaux d'histologie,

donne dans la lumière centrique des images d'une pureté qui ne laisse rien à désirer, et le pygidium se montre avec sa teinte brune caractéristique. Cette pureté d'image n'est pas altérée par des oculaires relativement forts. Il montre très bien, le jour, le cinquième groupe de Nobert dans la lumière centrique et le huitième groupe dans la même lumière disposée obliquement à l'aide du condenseur d'Abbé. Toutefois, dans ce dernier éclairage (pour lequel d'ailleurs l'objectif n'est pas construit) les images ne gardent pas l'excessive netteté qui les caractérise dans la lumière centrique.

Le deuxième numéro 7, qui est au contraire à grand angle d'ouverture, est une combinaison à quatre lentilles. Le pygidium est bien résolu dans l'éclairage centrique, mais un peu laiteux. Dans la lumière centrique on peut nettement voir le sixième groupe de Nobert et le N° 9 dans la lumière oblique.

Le N° 9 ($^1/_{12}$e de pouce) est un de ces rares objectifs qui, tout en ayant un grand angle d'ouverture, montrent cependant le pygidium avec toute la netteté et la teinte brune désirables.

N° 10. — Monté sans correction, nous n'avons pu obtenir de cet objectif tout ce qu'il peut donner, attendu que la plupart de nos préparations avaient des couvre-objets trop minces et que cet objectif, pour donner des images parfaites, exige des lamelles de $^1/_6$e à $^1/_7$e de millimètre. Malgré ces circonstances défavorables, nous avons obtenu des résultats excellents.

Le *Pleurosigma* se voit admirablement à la lumière centrique, de même qu'on résout bien le neuvième groupe de Nobert. Dans la lumière oblique nous avons parfaitement résolu tous les tests difficiles, y compris les *Vanheurckia rhomboïdes* et *viridula*, de même que l'*Amphipleura* dans l'éclairage monochromatique.

En somme, cet objectif est fort bon et d'un prix très minime, ce qui ne gâte rien.

M. L. Bénèche côte ses objectifs, livrés séparément, aux prix suivants :

Système	N° 1	(angle d'ouverture	20°)	. . . . .	fr. 15.—
»	N° 2	(» »	25°)	. . . . .	» 22.50
»	N° 3	(» »	30°)	. . . . .	» 26.25
»	N° 4	(» »	34°)	. . . . .	» 30.—
»	N° 5	(» »	50°)	. . . . .	» 30.—
»	N° 6	(» »	60°)	. . . . .	» 34.50
»	N° 7	(» »	95°)	. . . . .	» 34.50
»	N° 8	(» »	100°)	. . . . .	» 34.50
»	N° 9	(» »	120°)	. . . . .	» 56.25
»	N° 10	(» »	130°)	immersion sans correction .	» 75.—
»	N° 10	(» »	130°)	immersion avec correction .	» 112.50
»	N° 11	(» »	150°)	idem .	» 168.75

Système N° 12	(angle d'ouverture 170°)	immersion avec correction	.	fr. 125.—
» 1/12	(» » 145°)	immersion homogène	.	» 125.—
» 1/18	(» » 160°)	idem	.	» 250.—
» 1/24	(» » 180°)	idem	.	» 375.—

BÉZU, HAUSSER & Cie (Rue Bonaparte **à Paris**).

Ces constructeurs qui sont les anciens chefs d'atelier de la firme Hartnack & Prazmowski ont repris les affaires de cette maison à la mort de Prazmowski.

Ces constructeurs ont un nombre considérable de modèles.

Le grand modèle ancien, dit modèle Hartnack, qui date d'il y a quarante ans, est un instrument bien connu et qui a été figuré par tous les auteurs. Nous le représentons figure 128 page 144.

Leur nouveau grand modèle N° VII diffère du précédent en ce qu'il est plus solidement établi et qu'il est muni du condenseur Abbe. Ce dernier est fixé sur un excentrique qui permet de le rejeter sur le côté, en dehors de l'axe optique.

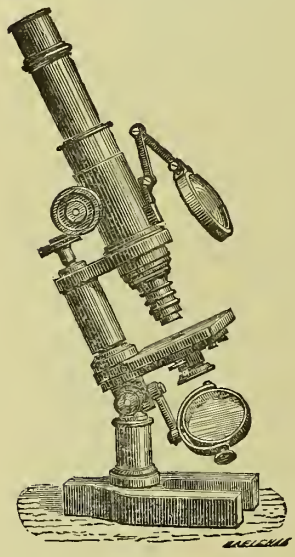


Fig. 127.

L'instrument est inclinant et muni d'une crémaillière pour le mouvement prompt et d'une vis de rappel très précise. La platine est à tourbillon.

Muni des objectifs 2, 4, 5, 7 à sec et du N° 9 à immersion et correction et de cinq oculaires le prix est de 870 frs.

Un petit modèle excellent, le N° VIII A bis (fig. 127) à mouvement prompt par crémaillière, et à vis de rappel pour le mouvement lent coûte 405 frs.

Pour ce prix il est accompagné des objectifs 4, 5, 7 et 9 à sec et des oculaires 2, 3, 4 et 5 dont le premier est à micromètre.

Les résultats que nous avons obtenu de l'examen des objectifs de ces constructeurs sont excellents.

Voici les données sur les principaux numéros.

N° 6 à sec; ouverture = 0,8. Bon objectif, bien achromatisé, à images pures.

N° 9 à l'eau : ouverture = 1,2. Cet objectif, dont le foyer réel est de 1/12e de pouce, est un des meilleurs objectifs à l'eau qu'il nous a été donné d'examiner jusqu'ici. Excessivement résolvant, car il nous montre l'*Amphipleura* à sec d'une façon parfaite, il a en outre l'avantage, extrêmement rare, de donner des images excessivement planes. L'*Amphi-*

pleura montre ses stries d'un bout du frustule à l'autre avec une netteté qui ne laisse rien à désirer.

Les nos 10 et 13 ont tous deux une ouverture de 1,10, ils sont donc un peu moins résolvants que le précédent. Le champ est bien plan; l'*Amphipleura* est parfaitement résolu, mais l'image est un peu moins fine qu'avec le n° 9.

Homogènes. — Nous avons examiné deux 1/12e de pouce : l'un à ouverture de 1,1, a une très grande distance frontale mais est relativement peu résolvant. L'autre a une distance frontale plus courte, son ouverture numérique est de 1,25; les images sont d'une grande pureté et la puissance résolvante de l'objectif est considérable.

Le prix de ces objectifs sont comme suit :

Objectifs à sec.

N° 4	(1/2 pouce)	angle d'ouverture	80°	prix frs. 30
5	(1/4 de pouce)	»	120°	» » 35
6	(1/5 »)	»	120°	» » 40
7	(1/6 »)	»	140°	» » 40
8	(1/9 »)	»	150°	» » 50
9	(1/11 »)	»	160°	» » 75

Objectifs à immersion dans l'eau.

N° 9	(1/12 de pouce)	ouverture	120°	prix frs. 150
10	(1/16 »)	»	»	» » 200
13	(1/25 »)	»	»	» » 350
15	(1/33 »)	»	»	» » 450
18	(1/50 »)	»	»	» » 600

Objectifs à immersion homogène.

N° 9	(1/12 pouce)	ouverture	120°	prix frs. 150
11	(1/18 »)	»	120°	» » 250

Dr ARTHUR CHEVALIER, Palais Royal à **Paris**. Nous ne citons que pour mémoire la maison Chevalier qui a un nom si illustre dans l'optique.

Notre excellent ami le Dr Arthur Chevalier est mort peu après la guerre de 1870-71, alors que, après une lutte acharnée, il était parvenu à relever, financièrement parlant, la maison que son père, chercheur et inventeur mais non négociant, avait laissé péricliter.

Le meilleur avenir s'ouvrait devant lui mais, hélas, ni lui ni les siens n'en ont profité. Madame A. Chevalier et ses deux filles le suivirent dans la tombe à quelques années d'intervalle.

Des étrangers héritèrent seuls du travail pénible du pauvre Arthur et la maison, mise en vente, fut achetée au prix de cent cinquante mille francs par M. Avisard qui en est encore le propriétaire actuel.

Nous n'avons pas examiné d'instruments de cette maison depuis la reprise par M. Avisard. Les montures sont encore telles que nous les décrivîmes en 1878, mais nous ne savons si les objectifs ont subi quelque perfectionnement.

Arthur Chevalier était un excellent cœur et un homme très instruit non seulement en micrographie, mais encore dans toutes les sciences naturelles et médicales. Si la fortune lui eût souri en temps opportun et s'il eût pu vivre encore un certain nombre d'années il est probable qu'il eût réalisé des progrès sérieux en micrographie.

GEBRUDER FROMME (III, Hainburgerstrasse 21) **Vienne.**

Nous mentionnons cette firme, comme constructeurs d'un petit microscope très ingénieux construit sur les données d'un habile amateur diatomophile M. *Anton Amrhein Jr*, de Vienne.

Le microscope est à tambour et n'a qu'un mouvement à crémaillière, ce qui est d'ailleurs suffisant pour l'emploi auquel il est destiné : l'examen sur place des récoltes, pendant les excursions.

Le microscope porte latéralement une languette qui s'adapte dans une rainure que présente une canne à sa partie supérieure.

Cette canne se termine inférieurement par une forte pointe en acier qui permet de l'enfoncer facilement dans le sol. On a donc le microscope à hauteur convenable pour l'observation et les mains libres pour le travail.

Le prix de ce petit attirail est de fl. 12, soit environ 25 frs.

Dr E. HARTNACK à **Potsdam** près **Berlin.**

Le célèbre constructeur qui succéda à son oncle Oberhaueser et qui fût pendant si longtemps établi à Paris, se retira en Allemagne en 1870 et alla s'établir à Potsdam son lieu de naissance.

M. Hartnack s'est constamment tenu au courant des progrès de la micrographie et sa maison compte toujours parmi les premières de notre époque.

Le grand modèle de ce constructeur (fig. 128) est bien connu. Il a été créé de toutes pièces par M. Hartnack et forme le type de ce que l'on appelle le « *modèle continental.* » Ce microscope était employé, il y vingt ans, par nombre de micrographes sérieux. Il tend à subir actuellement des modifications de plus en plus profondes mais n'en reste pas moins un type remarquable par sa stabilité et par ses dispositions générales qui permettent d'y apporter tout perfectionnement désirable.

Le pied, en forme de fer à cheval, est très lourd, il porte deux branches verticales entre lesquelles l'instrument est suspendu.

Le miroir, articulé pour la lumière oblique, peut s'élever et s'abaisser.

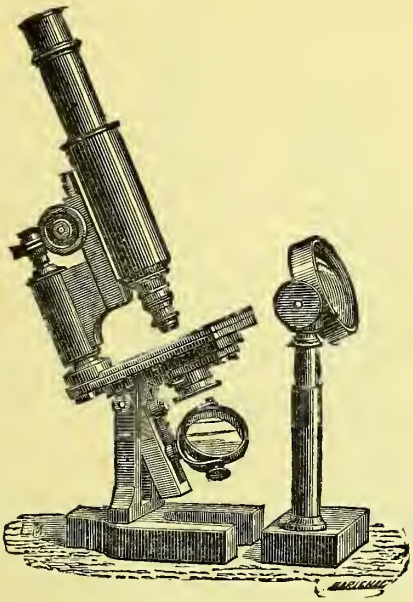


Fig. 128.

La platine est à tourbillon et recouverte en verre noir, pour éviter les altérations par le maniement des acides.

Le porte diaphragme a une ouverture très grande où l'on peut à volonté adapter des condenseurs, des appareils de polarisation, etc.

Le tube est mobile par crémaillière et le mouvement lent est très précis.

Une modèle encore plus répandu est le « *petit microscope en fer à cheval dit n°* 8. » L'instrument se compose d'un pied en cuivre fort lourd et en forme de fer à cheval, qui supporte une colonne cylindrique, portant la platine et le reste de l'instrument. Le miroir est attaché à une tige de façon à pouvoir être dirigé obliquement.

La platine est fort épaisse, solide et immobile. Elle porte, dans sa partie inférieure, deux coulisseaux entre lesquels glisse une pièce portant au centre un tube sur lequel se déposent les diaphragmes, de même que les appareils de polarisation et d'éclairage.

Un cordon moletté, qui termine dans sa partie inférieure le petit tube, permet de le hausser ou de le descendre à volonté sous la platine. Toute cette pièce s'enlève quand on emploie la lumière oblique.

Le mouvement rapide de l'instrument s'obtient en faisant glisser à la main le corps du microscope dans un tube ; le mouvement lent se fait au moyen d'une vis micrométrique dont il a déjà été parlé.

Cet instrument accompagné des systèmes 4, 7 et 9. dont le dernier à correction et à immersion, et des oculaires 2, 3 et 4, dont le premier à micromètre, est livré pour le prix de 390 francs.

Le microscope n° 4 (fig. 129) (ci-après page 147) diffère du précédent par une platine plus grande, recouverte en ébonite, et par l'addition d'un condenseur Abbe à O. N. 1.25 pouvant s'élever dans l'axe optique par une vis micrométrique.

Ce condenseur est muni d'un diaphragme-Iris.

La monture de cet instrument coute 135 marks ; accompagnée des systèmes 4, 7 et I à immersion homogène, de même que de 3 oculaires et possédant en outre une articulation pour l'inclinaison ; le prix s'en élève à 365 Marks.

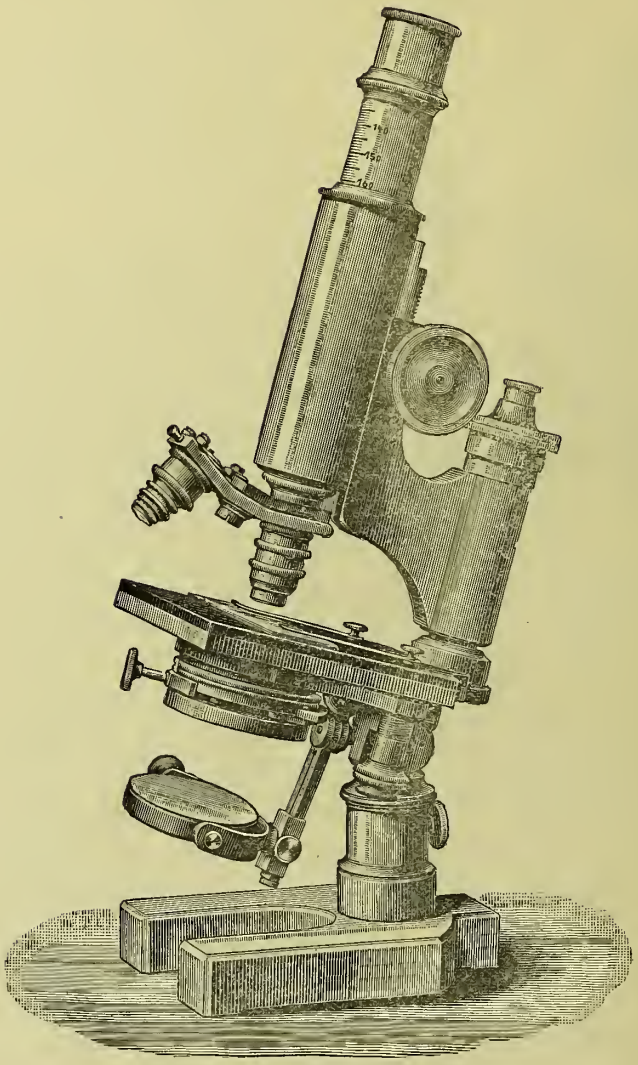


Fig. 130.

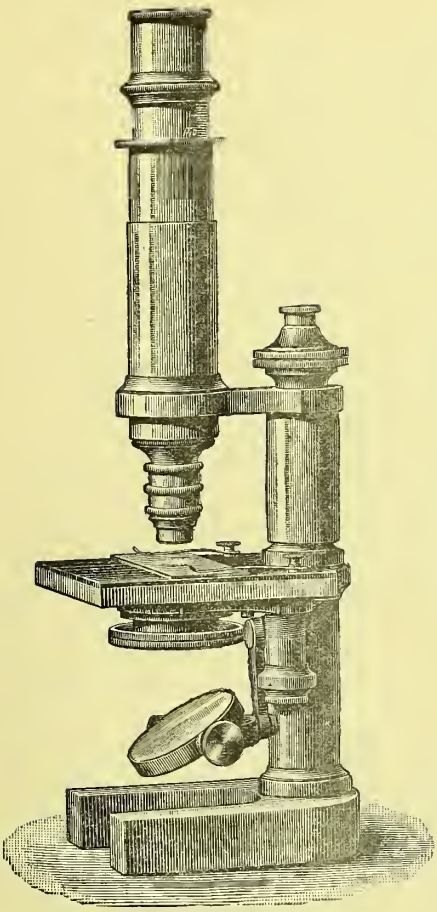


Fig. 129.

Le nouveau microscope n° 5 (fig. 130) se distingue de tous les autres par sa simplicité dans l'emploi du condenseur.

Sous la platine se trouve un anneau portant le condenseur Abbe. de N. O. 1.40, pouvant être centré et muni d'un diaphragme-Iris.

Ce dernier glisse dans une coulisse et peut en outre tourner sur son axe. La combinaison de ces deux mouvements permet l'éclairage oblique dans toutes les directions.

Le condenseur peut en outre, à l'aide d'une crémaillière, s'éloigner et se rapprocher de la platine, qui est très grande.

Le miroir est double, très grand, articulé, et dirigeable dans toutes les directions.

Le mouvement lent est très pré ci et très doux, le mouvement rapide se produit par une crémaillière.

Tout l'instrument peut s'incliner et en outre peut s'élever à différentes hauteurs à l'aide d'une tige rentrant à volonté dans la colonne du microscope.

Le prix de cette monture, munie de tous ces perfectionnements est de Mks 240 ; avec quelques simplifications elle ne coûte que 196 Mks.

Les objectifs du Dr E. Hartnack gardent leur ancienne réputation et comptent parmi ces meilleurs qu'il y ait.

Le n° 2 est destiné aux grossissements faibles ; son pouvoir varie de 25 à 40 diamètres.

Le n° 4 est un objectif excellent. Il est fort clair et ses pouvoirs de définition et de pénétration sont fort remarquables. Les grossissements varient de 60 à 180 diamètres.

Le n° 5 est fort bon aussi, et son foyer est encore suffisamment long pour permettre l'emploi de couvre-objets assez épais. Il donne une série de grossissements variant de 120 à 360 diamètres.

Le n° 6 (1/6e de pouce) est un des plus beaux objectifs que nous connaissions. Tout en ayant une distance frontale suffisante pour tous

les travaux, l'objectif a une ouverture de 0,86, et ses corrections chromatique et sphérique ne laissent rien à désirer. Il résout parfaitement le *Vanheurckia rhomboides*.

Les nos 7, 8 et 9 méritent les mêmes éloges et se rangent, sous tous les rapports, près des précédents. Le no 9 a une ouverture numérique de 0,95. Les objectifs à immersion dans l'eau ont une ouverture d'environ 1,15 ,tous sont très beaux et montrent assez bien l'*Amphipleura*.

Les homogènes ont une ouverture numérique analogue, les images sont très bonnes ; nous trouvons cependant que le no 3 (1/24e de pouce), tout en montrant bien les bactéries, laisse à désirer pour les diatomées.

M. Hartnack construit ses homogènes à correction quand on veut en obtenir le maximum d'effet. Il trouve, comme nous, que la correction est *absolument* nécessaire pour l'étude des diatomées.

Il y a peu de temps, M. Hartnack a encore une fois changé complètement la formule de ses objectifs. Nous avons reçu deux objectifs de la nouvelle construction, le no 1 (1/12e de pouce) homogène et le no X. à immersion dans l'eau. Tous deux ont une ouverture numérique de 1,27 ce qui n'avait, sur le continent, été atteint par aucun constructeur, pour un objectif à immersion dans l'eau. Ces deux objectifs sont de toute beauté, ils résolvent tous les tests connus ; l'objectif homogène donne des images un peu plus brillantes que l'objectif à l'eau.

Depuis que ces lignes sont écrites M. Hartnack a encore une fois modifié ses objectifs. Nous venons de recevoir de ce constructeur (Mai 1891) une série des numéros construits en dernier lieu. Voici le résumé des essais auxquels nous les avons soumis.

No 5 —(foyer 1/5e de pouce) O. N. 0,9.Bon objectif, l'image du pygidium est nette et le *Pleurosigma* se résout dans l'éclairage axial.

Nos 6, 7, 8, 9. — Ces objectifs qui ont respectivement environ 1/6e 1/7e, 1/10e et 1/12e de pouce ont tous une ouverture numérique de 0.95.— Ils ne diffèrent donc guère que par leur grossissement propre.

Tous donnent une bonne image du pygidium, bien nette et pure, et résolvent parfaitement le *Pleurosigma* dans l'éclairage axial de même que le 10e groupe de Nobert. Dans l'éclairage oblique on peut voir 14e groupe du test de Nobert monté dans le médium jaune.

L'homogène No I a 1/12e de pouce de foyer et une O. N. de 1.3. Les images sont pures et nettes et la distance frontale très notable.

Le *Podura* donne une belle image, peu colorée; l'*Amphipleura* montre ses stries finement résolues. Le test de Nobert, à sec, montre le 12e groupe dans l'éclairage axial et le 19e dans l'éclairage oblique.

Apochromatiques. Les apochromatiques sont au nombre de deux : le

premier a 1/12e de pouce de foyer et le second 1/18e ; tous deux ont une ouverture N. de 1,35.

Les images sont belles et absolument incolores, le *Podura* est d'un beau noir. Dans l'éclairage axial les deux objectifs montrent très bien le 12e groupe de Nobert et le 19e dans l'éclairage oblique.

La distance frontale des deux objectifs est notable et tous deux ont une bonne définition, toute fois nous trouvons le 1/12e assez notablement supérieur au 1/18e. Avec le premier la résolution de l'*Amphipleura* est plus fine et la tendance à se résoudre en perles est plus grande.

Le tableau suivant résume les renseignements principaux sur les objectifs de M. le Dr Hartnack.

NUMÉROS.	FOYER ÉQUIVALENT.	OUVERTURE NUMÉRIQUE.	PRIX.
1. — Objectifs Achromatiques.			
1	35.— mm.	—	16 mark
2	25.— »	—	16 »
3	15.— »	—	24 »
4	10.— »	0.5	24 »
5	5.— »	0.9	28 »
6	3.75 »	0.95	32 »
7	3.4 »	0.95	32 »
8	2.3 »	0.95	40 »
9	2.— »	0.95	60 »
9 Immersion dans l'eau	2 2 »	0.95	120 »
10 » »	1.6 »	1.25	160 »
11 » »	1.4 »	1.25	200 »
12 » »	1.3 »	1.25	240 »
I Immersion homogène	2.— »	1.3	150 »
II » »	1.5 »	1.3	200 »
2. — Objectifs Apochromatiques à immersion homogène.			
. .	2.— mm.	1.35	250 »
	1.33 »	1.35	300 »

E. LEITZ, à Wetzlar, qui a repris l'atelier de Kellner, construit des microscopes de fort bonne qualité et d'un prix peu élevé.

L'un de ces instruments (fig. 131), désigné dans le catalogue sous le nom de GRAND MICROSCOPE INCLINANT (STATIV I), possède deux platines rondes et tournantes qui peuvent se remplacer très facilement.

L'une est sans accessoires, tandis que l'autre, de construction nou-

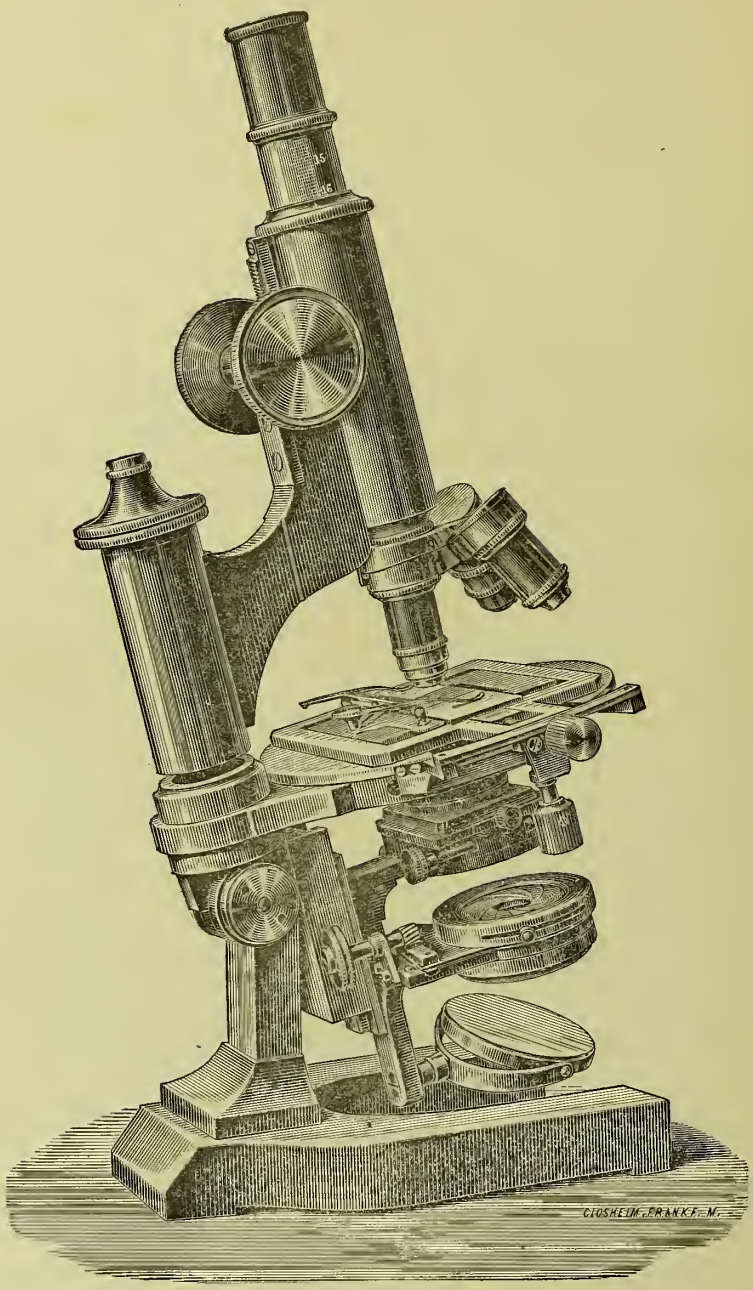


Fig. 131.

velle, porte un chariot dont le mouvement dans un sens s'opère par une vis horizontale et dans l'autre sens au moyen d'un pignon à friction vertical. Deux échelles permettent de contrôler ces mouvements. La préparation fixée à la platine par deux pinces à ressort, se trouve placée à peine plus haut que la lentille du condenseur d'Abbe, dont l'instrument est muni, et permet ainsi à l'éclairage de garder toute son efficacité. Le condenseur est pourvu d'un diaphragme-Iris et peut être haussé ou abaissé par une crémaillière. Le pied de l'instrument est lourd et en forme de fer à cheval ; le tube à tirage est gradué et possède le pas de vis anglais. La vis micrométrique du mouvement lent est très précise et le mouvement rapide se fait par une crémaillière. Le prix de cette monture, sans accessoires, se vend au prix de 450 francs. Le microscope complet, c'est-à-dire muni d'un revolver pour 3 objectifs, d'une chambre claire d'Abbe, d'un appareil de polarisation, d'un micromètre objectif, d'un micromètre oculaire, de 9 objectifs ordinaires, de 2 objectifs à immersion homogène 1/12 et 1/16 et de 4 oculaires, donnant un grossissement de 27 à 1690 diamètres, coûte 1250 francs.

Un autre grand microscope, STATIV I A (plus petit que le précédent) (fig. 132) est à platine tournante à centrage facultatif.

Le système de lentilles, composant l'appareil d'éclairage d'Abbe, peut être enlevé facilement pour être remplacé par le tube-diaphragme, en ayant soin d'enlever tout d'abord le diaphragme-Iris.

Cette disposition permet de travailler, à volonté, soit avec le condenseur, soit avec le tube-diaphragme, tout en conservant le mouvement à crémaillière pour le réglage de la lumière.

L'instrument possède en outre le tube à tirage divisé et tous les mouvements décrits ci-dessus pour le Stativ I, tels que l'inclinaison, les mouvements rapide à crémaillière et lent à vis micrométrique pour la mise-à-point. Il est accompagné d'un revolver pour 3 objectifs d'un micromètre oculaire, de 3 objectifs N°s 2, 4 et 7 ordinaires, d'un objectif 1/12 à immersion, et de 4 oculaires, (permettant un grossissement de 40 à 1310 diamètres). Ainsi composé, ce microscope est livré au prix de 500 francs.

Le STATIV II (N° 9) (fig. 133), qui porte aussi le nom de *microscope moyen*, est tout en cuivre, à pied en forme de fer à cheval. Il est inclinant mais n'a pas le mouvement autour de l'axe optique. La platine est recouverte en ébonite pour être à l'abri des acides. Le mouvement rapide se fait par glissement et le mouvement lent par une vis micrométrique très précise. Le réglage de l'appareil d'éclairage d'Abbe avec diaphragme-Iris se fait au moyen d'une crémaillière; les diaphragmes à tubes sont ajustés sur une pièce glissant entres des coulisseaux. Le miroir, plan d'un côté, concave de l'autre, est articulé de façon à permettre

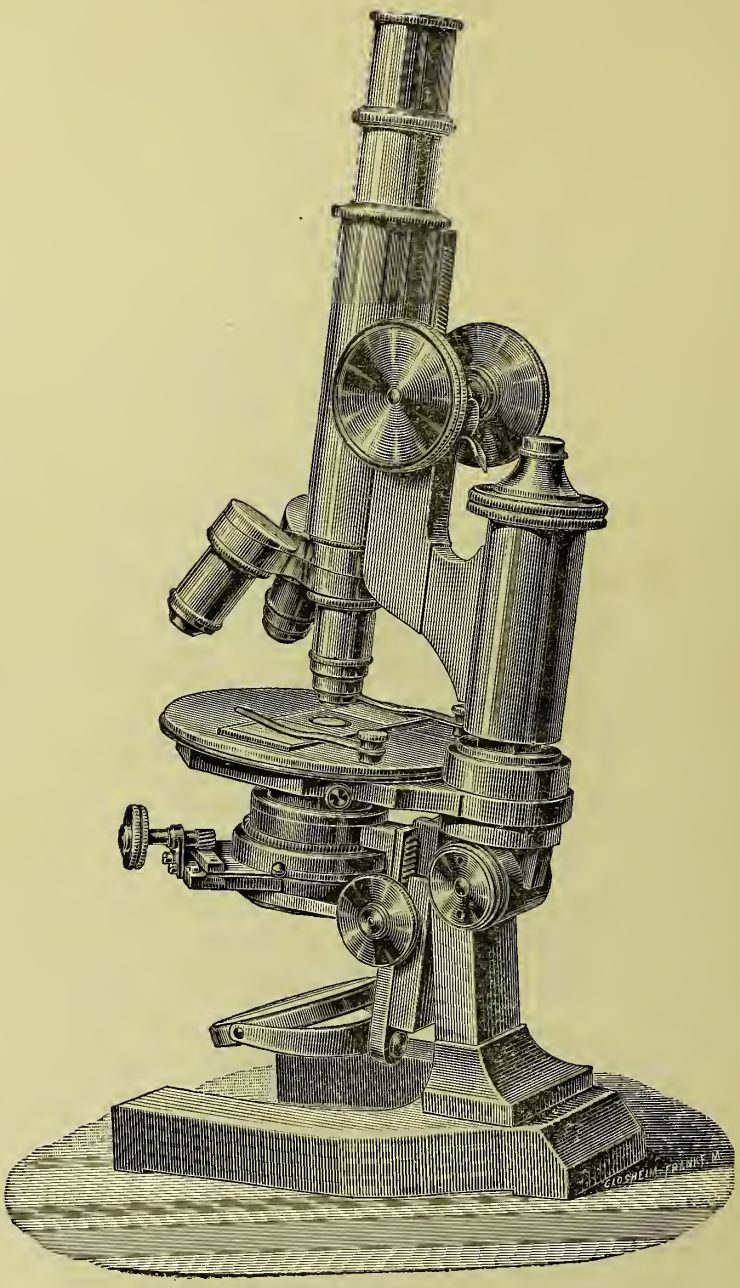


Fig 132.

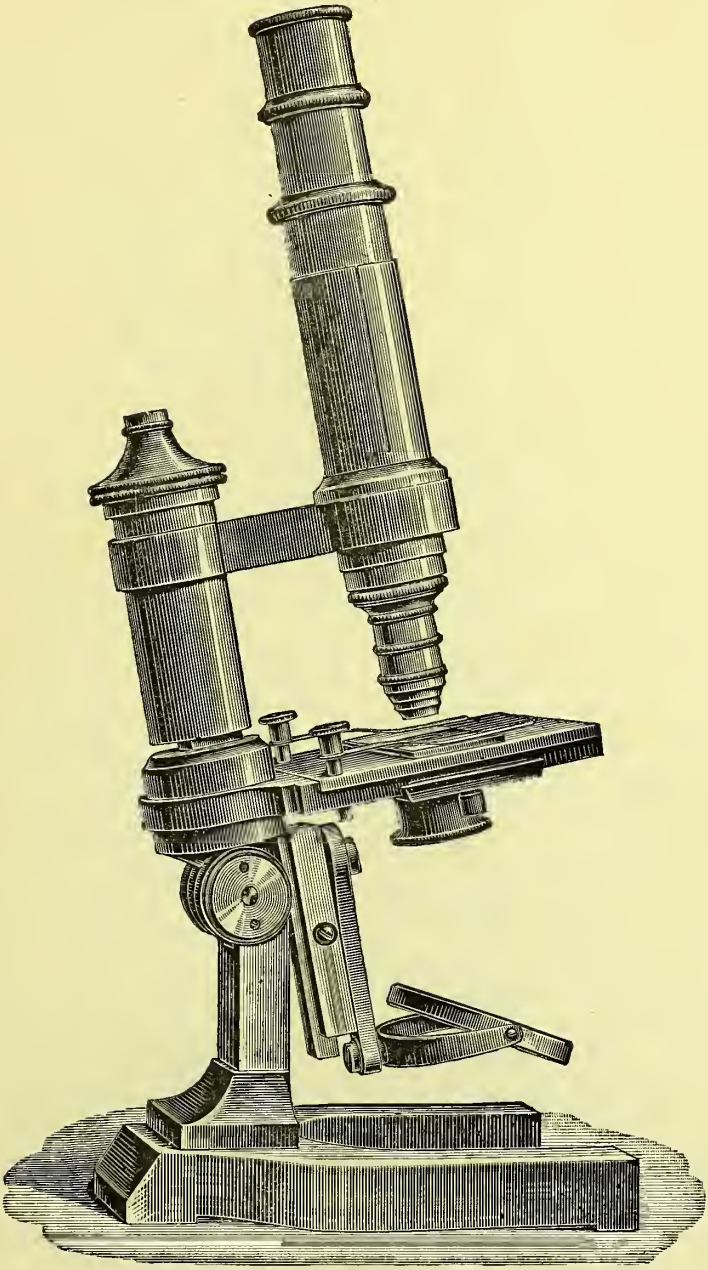


Fig. 133.

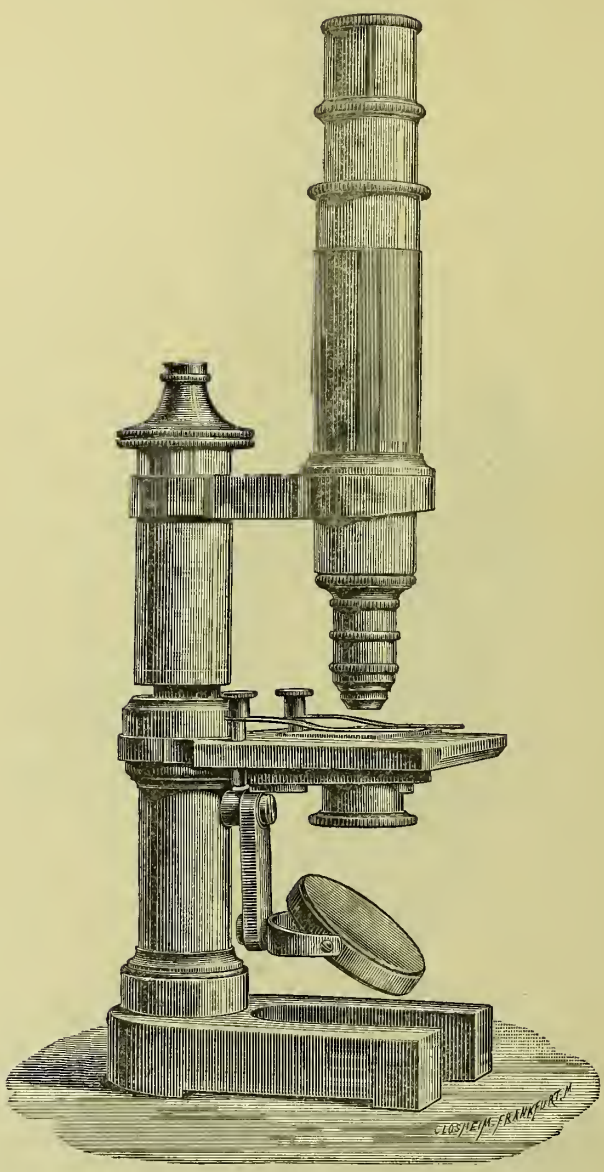


Fig. 134.

l'éclairage oblique. Cette monture est livrée au prix de 419 francs et est alors accompagnée des objectifs 3, 5 et 7 ordinaires, de l'objectif à immersion homogène 1/12 et des oculaires I, III, IV, ce qui permet un grossissement de 70 à 1100 diamètres.

Un autre microscope moyen (N° 14, STATIV III) (fig. 135), inclinant, est à platine à tourbillon, à mouvements rapide par glissement et lent par une vis micrométrique. L'éclairage est simple, à diaphragme-Iris qui peut monter ou descendre au moyen d'une vis spéciale. Le miroir est double (plan et concave) et permet l'éclairage oblique.

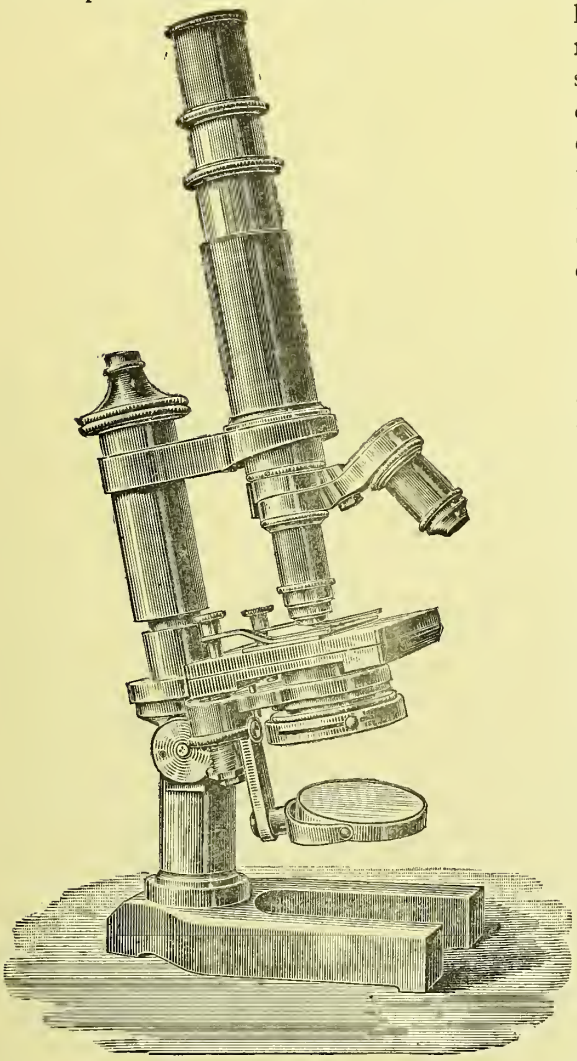


Fig. 135.

Le prix de cette monture n'est que de 100 frs. Munie d'un revolver pour deux objectifs, des objectifs 3 et 7 ordinaires, d'un objectif à immersion homogène et des oculaires I et III le prix est de 313 francs.

M. E. Leitz construit également des microscopes moins coûteux et entr'autres un *microscope moyen droit* (*N°* 15) (fig. 134), c'est-à-dire ne pouvant s'incliner et pourvu d'un mouvement prompt par glissement du tube et le mouvement lent à vis micrométrique pour la mise-au-point. L'éclairage se fait par miroir et le diaphragme est à tube. Livré avec les objectifs 3, 5, 7 et 9 ordinaires et les oculaires I et III il donne un grossissement de 84 à 880 diamètres et coûte 244 francs.

Les objectifs de ce constructeur sont de très bonne qualité. Nous

avons eu l'occasion d'examiner les nos 3, 7 et le 1/12e homogène de dâte récente (Mai 1891) et voici le résultat de notre examen.

N° 3. — Bon objectif pour l'examen superficiel des préparations et les études courantes d'anatomie végétale; les images sont nettes et pures.

N° 7. — Objectif d'environ 1/8e de pouce, à ouverture numérique 0,85. Les images sont bonnes ; le *Pleurosigma* peut se voir dans l'éclairage axial qui résout le 7e gr. de Nobert. Dans l'éclairage très oblique on peut voir le 12e groupe de Nobert.

1/12e *homogène.* — Très bon objectif à O.N. de 1.3 ; dans l'éclairage axial on résout le 12e groupe de Nobert on obtient également une bonne image, très peu colorée, du *Podura.*

Dans l'éclairage oblique on résout très bien l'*Amphipleura* et on peut même voir assez bien le 19e groupe de Nobert.

En somme cet objectif qui coûte une somme très modeste suffit à toutes les recherches usuelles.

Les objectifs construits par M. E. Leitz se classent comme suit :

N° DES OBJECTIFS.	FOYER ÉQUIVALENT.	OUVERTURE NUMÉRIQUE	PRIX.
Objectifs achromatiques.			
1	44.— mm.	0.09	19 francs
2	30 — »	0.14	19 »
3	18.— »	0.28	19 »
4	10.— »	0.45	31 »
5	5.8 »	0.77	31 »
6	4 4 »	0.82	38 »
7	3.2 »	0.85	38 »
8	2.5 »	0.87	50 »
9	2 2 »	0.87	75 »
10 Immersion dans l'eau	2.1 »	1.10	81 »
11 » »	1.7 »	1.15	113 »
1/12 Immersion homogène	2.2 »	1.30	125 »
1/16 » »	1.7 »	1.30	188 »
Objectifs apochromatiques.			
	16.— mm.	0.30	100 francs
	8.— »	0.65	125 »
	4.— »	0.95	188 »
Immersion homogène.	2.— »	1.35	375 »

NACHET (17, Rue St Séverin, **Paris**). M. Nachet est actuellement le plus ancien constructeur de la France et il s'y maintient au premier rang, grâce aux progrès incessants de sa fabrication. En effet, chez ce constructeur, ce n'est pas le fabricant qui domine, mais c'est le micrographe, le chercheur, l'artiste. Le premier, parmi les constructeurs du continent, il a apprécié le mérite des instruments anglais : à côté de microscopes sérieux, simples et à bas prix, il fournit des instruments qui, comme perfection, élégance et fini du cuivre, rivalisent avec les instruments de nos voisins d'outre-mer. Comme l'était Charles Chevalier, M. Nachet est un savant qui connaît à fond toutes les ressources de l'optique et de la mécanique. Ses inventions sont nombreuses et ont été bien appréciées par les micrographes. Multiples sont les formes de ses microscopes ; il a des modèles uniques pour des usages spéciaux : la chimie, la pétrographie, les démonstrations à l'école, etc.

Nous passerons en revue ses modèles principaux.

Son modèle principal est celui que M. Nachet nomme son MICROSCOPE GRAND MODÈLE PERFECTIONNÉ.

Ce microscope (fig. 136) est monoculaire ou binoculaire à volonté. Il est suspendu sur un axe de manière à pouvoir s'incliner et rester fixe dans toutes les positions entre l'horizontale et la verticale et construit dans les meilleures conditions de solidité et de précision sous le rapport des mouvements et du centrage. L'ajustement au foyer s'opère au moyen d'un mouvement rapide formé par une crémaillière et d'un mouvement lent à vis micrométrique, agissant sur la colonne portant le corps. Ce mouvement micrométrique, par suite d'une nouvelle disposition (le renversement de l'action du ressort spiral), est d'une précision et d'une douceur tout à fait remarquables et en même temps entièrement rigide par suite de l'étendue de la surface du frottement dans la colonne prismatique, ce qui a permis de supprimer le deuxième mouvement lent existant dans l'ancien grand modèle. Le bouton porte une division pour mesurer les épaisseurs et donne le 500e de millimètre. Le corps porte-objectifs est à tirage et est divisé en millimètres.

La platine est montée à rotation et est munie d'une table mobile à mouvements rectangulaires actionnés par des vis de rappel très soignées, pour faire déplacer l'objet dans toutes les directions. Une règle-équerre montée sur cette table arrête la préparation et, à l'aide de deux divisions perpendiculaires l'une à l'autre, permet de déterminer des ordonnées dont les chiffres inscrits sur la lame donneront le moyen de retrouver plus tard le point qu'on veut établir de nouveau.

A cette platine s'adapte à volonté une disposition très utile dans les études sur des préparations rares ou précieuses. C'est le système

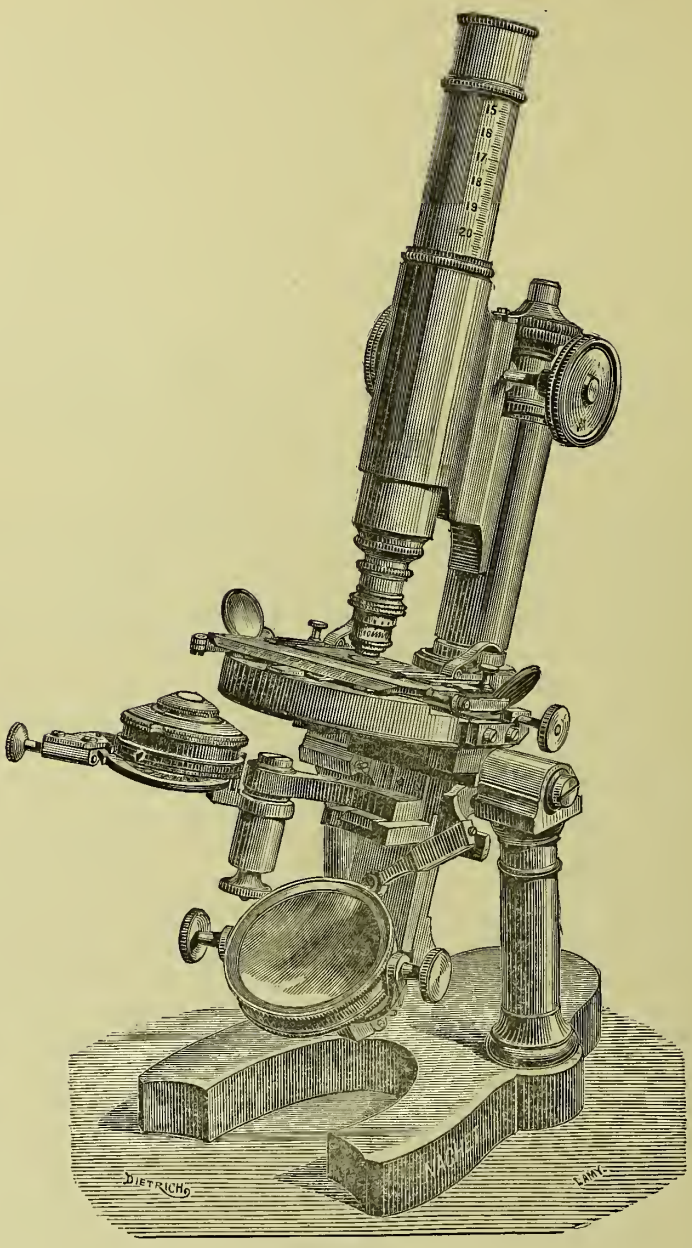


Fig. 136.

formé de deux petits miroirs, l'un concave, placé au niveau de la platine à gauche et mobile dans tous les sens de manière à envoyer un rayon de lumière rasante, l'autre, placé en face à droite et incliné à 45 degrés, pour ramener verticalement le faisceau lumineux. L'image de l'extrémité de l'objectif éclairée vivement, vient se projeter dans le petit miroir de droite et d'un seul coup d'œil on peut s'assurer s'il y a contact ou non. La couche de liquide d'une immersion laisse passer le rayon de lumière rasante même quand la lentille est presque au contact du verre; ce procédé, déjà appliqué depuis douze ans à quelques uns des grands modèles, rend de grands services et se généralisera de plus en plus comme adjonction à l'usage des objectifs très forts.

L'éclairage est formé par un double miroir plan et concave, monté sur articulations pouvant se développer dans toutes les directions, afin d'obtenir les effets de lumière oblique et les variations de distance. Entre la platine et le miroir est placé un système de coulisse à frottement doux, mû par un levier et portant la sous-platine pour le changement des condensateurs et éclairages divers; de plus, le centre de rotation qui permet de l'excentrer porte un petit mouvement lent donnant la faculté de mettre *très exactement* les éclairages à la distance convenable des objets.

A ce microscope M. Nachet joint la collection complète de ses objectifs, un revolver à trois branches, 4 oculaires, un goniomètre, un condenseur à grand angle d'ouverture dont nous avons déjà parlé antérieurement; un appareil de polarisation complet, un éclairage à fond noir, un micromètre objectif et un micromètre oculaire ; une lentille sur pied, une collection d'instruments de dissection, etc., etc. L'ensemble contenu dans une boite en acajou est côté 2000 frs.

Le MICROSCOPE GRAND MODÈLE N° 2 (fig. 137) est monté très solidement sur deux colonnes et suspendu sur un axe ; mouvement prompt d'ajustement par une crémaillière très précise, mouvement lent par une vis de rappel ; miroir plan et concave, monté sur articulations, pouvant se développer pour les effets de la lumière oblique. — Platine tournante et chariot doublé d'une plaque de verre noir et munie de vis de rappel pour le déplacement de l'objet.

L'appareil d'éclairage est basé sur l'ancienne disposition d'excentrique, c'est-à-dire que les éclairages condensateurs, diaphragmes à tube, appareils de polarisation, etc., etc., peuvent être aménagés en dehors de la platine et ensuite ramenés sous l'objet; seulement le mouvement de rapprochement et d'ajustement au foyer se fait dans la colonne support au lieu de se faire dans le tube central. Cette colonne se compose de trois tubes cylindriques, le tube extérieur soutenant le bras qui porte l'éclairage glisse librement et peut tourner sur le econd, qui est terminé par une petite vis de rappel servant à mettre

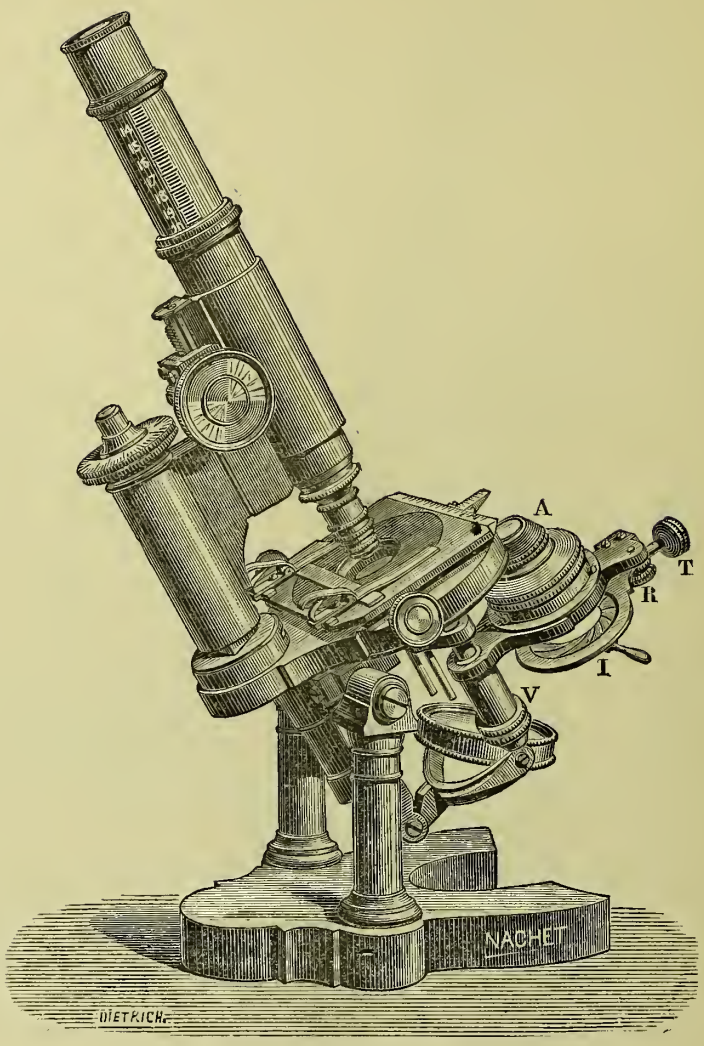


Fig. 137.

au foyer le condensateur ou à l'écarter de l'objet par un mouvement très lent. La marche rectiligne dans l'axe du microscope est assurée par un système de ressorts associant le bras support à une tige verticale (invisible dans le dessin) servant de guide. Sous le tube du condensateur se trouve un anneau tournant porteur d'un diaphragme-Iris qu'on peut orienter dans toutes les positions.

Ce microscope qui coûte 900 frs est accompagné de 6 objectifs, n°s 2, 3, 5, 6, 7 ordinaires et 9 à immersion homogène et à correction.

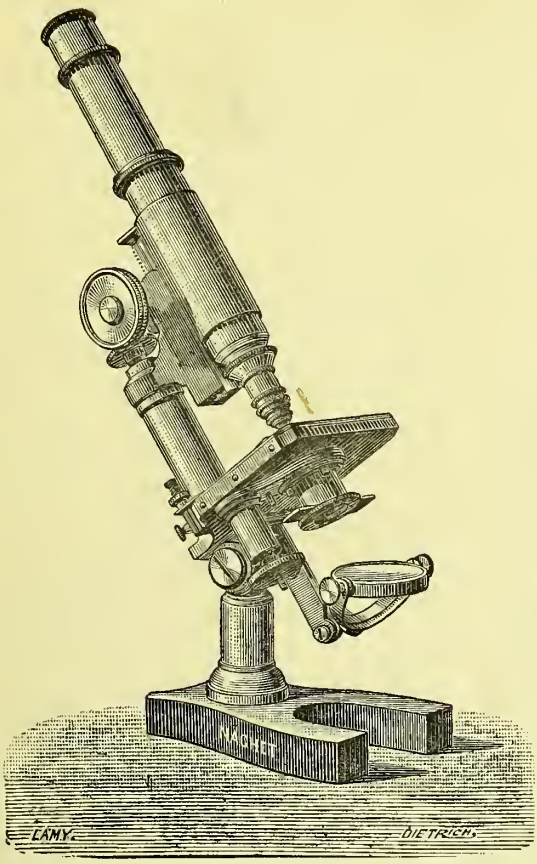


Fig. 138.

Il y a en outre un revolver pour 3 objectifs, 3 oculaires, le condenseur à grand angle, le micromètre objectif et le micr. oculaire, une chambre claire, loupe sur pied, etc., etc.

Un microscope beaucoup plus simple que les précédents et cependant suffisant pour toutes les études est le MICROSCOPE NOUVEAU MODÈLE INCLINANT (fig. 138).

Dans cet instrument, la platine est fixe et garnie d'une glace noire. Le mouvement rapide est à crémaillière et très précis de même que le mouvement lent. Le condenseur est à grand angle et il peut monter et descendre par un mouvement lent. L'instrument est accompagné de 3 objectifs à sec, n°s 3, 5 et 7 et d'un objectif à immersion homogène n° 9. Il y a en outre trois oculaires et une loupe sur pied pour l'éclairage des corps opaques. Le prix de cet ensemble qui est très bien compris pour toutes les recherches habituelles n'est que de 480 frs.

Enfin un microscope à la portée de toutes les bourses et qui peut encore servir à des études sérieuses est le *Petit modèle droit modifié* n° 13 (fig. 139), ci-après page 162.

Le pied est en fonte de fer, le mouvement lent très précis et le miroir articulé pour l'éclairage oblique. Le diaphragme est à plaque tournante.

Cette monture accompagnée d'un oculaire et d'un objectif n° 7 se vend frs. 90. — Toutefois nous ne conseillons pas de l'acheter ainsi. Il faut y joindre au moins l'objectif n° 4 (1/2 pouce) dont le prix est de frs. 25 et l'on aura alors de quoi suffire aux recherches les plus courantes.

Les objectifs de ce constructeur sont très nombreux. Nous examinerons

les suivants qui sont les plus usuels et dont nous possédons des exemplaires de dâte récente.

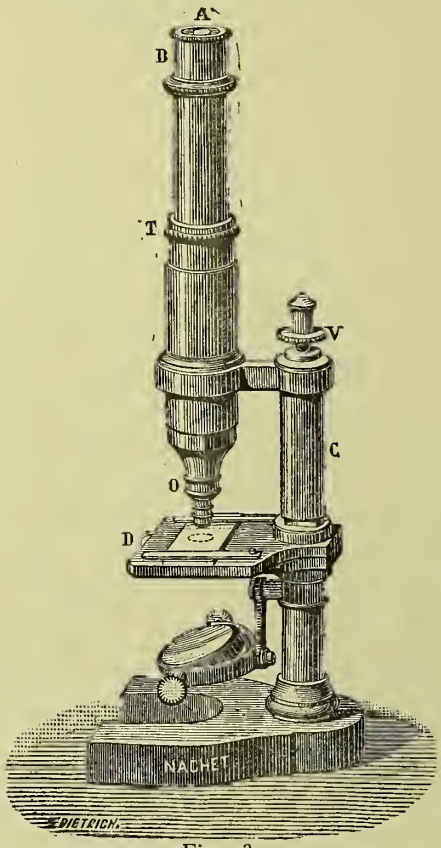


Fig. 139.

N° 2 (2 pouces). Excellent objectif pour travailler sous le microscope composé : faire des dissections, des triages de diatomées, etc.

N° 5 (1/4 de pouce). L'ouverture numérique de cet objectif n'est que 0,6, ce qui correspond à un pouvoir résolvant de 23 lignes par centième de millimètre. Il ne faut donc pas demander à cet objectif la résolution de tests difficiles, car ce n'est pas pour cela que sa formule a été combinée ; sa limite de bonne résolution s'arrête au *Pleurosigma Balticum*, mais, pour les travaux histologiques, de même que pour l'étude superficielle, sans cover, des diatomées, cet objectif est d'une grande valeur. A un grossissement considérable il joint une distance frontale énorme, et depuis bien des années nous l'employons constamment pour les usages que nous venons de mentionner.

N° 7 (1/9e de pouce). Bon objectif, ouverture numérique 0,87. La distance frontale est notable, les images nettes. La limite de la résolution se trouve aux grandes formes du *Vanheurckia rhomboides Bréb.* qu'il résout passablement.

N° 10 immersion dans l'eau (1/18e de pouce, O.N. 1.20). L'image du pygidium est nette et pure. Le *Podura* est net et d'un beau noir, signe d'une achromatisation quasi apochromatique. Le *Pleurosigma* est bien résolu dans l'éclairage axial et le bord des cassures est nettement découpé. Dans le même éclairage on résout le 10e groupe de Nobert, et les bacilles de la tuberculose sont nettement définis.

Dans l'éclairage oblique on voit le 16e groupe de Nobert.

N° 10 *à l'huile.* — Cet objectif est en réalité un apochromatique quoique M. Nachet ne lui en donne pas le nom. Dans l'éclairage axial le pygidium et le *Podura* sont nettement définis et le dernier est d'un beau noir et pur. Le 12e gr. de Nobert est assez bien vu. Le *Pleurosigma* est nettement défini de même que le bacille de la tuberculose qui donne des images très nettes.

Dans l'éclairage oblique l'*Amphipleura* est bien résolu, mais la valve apparaît un peu déformée. Avec un ajustage parfait de la correction on parvient à voir le 19e groupe de Nobert dans le médium jaune. La distance frontale de cet objectif de même que du précédent est notable et le travail est commode.

Le tableau suivant donne tous les détails des divers objectifs de M. Nachet.

Numéros des Objectifs.	Foyers équivalents en pouces anglais.	Angle d'ouverture et ouverture numérique.	PRIX	
			Monture fixe.	avec la correction.
1	—	—	30 fr.	—
1a	—	—	10 »	—
2	2	—	20 »	—
2a	—	—	12 »	—
3	1	20°	20 »	—
4	1/2	40°	25 »	—
5	1/4	80°	30 »	—
6	1/7	120°	35 »	70 fr.
7	1/9	120°	40 »	80 »
8	1/11	140°	70 »	130 »
9	1/14	160°	100 »	150 »
Combinaisons à Immersion à l'eau.				
8	1/10	1.15	80 fr.	130 fr.
9	1/14	1.16	100 »	150 »
10	1/18	1.24	—	200 »
Combinaisons à Immersion homogène.				
9	1/14	1.20	150 fr.	200 fr.
10	1/20	1.25	200 »	250 »
11	1/25	1.25	—	350 »
12	1/40	1.30	—	500 »

POWELL & LEALAND (170 Euston Road, **Londres**).

MM. Powell & Lealand occupent une place toute spéciale dans le monde des constructeurs. Leurs ateliers sont petits, les instruments qui en sortent peu nombreux, mais, toute pièce signée de leur nom est une œuvre artistique, parfaite dans tous ses détails. Aussi, les instruments et les objectifs, de ces constructeurs, sont-ils hautement recherchés et employés par tous les micrographes sérieux de l'Angleterre.

Ces Messieurs ne construisent que trois modèles principaux. Le grand microscope n° 1 (fig. 140) est un instrument suspendu sur un

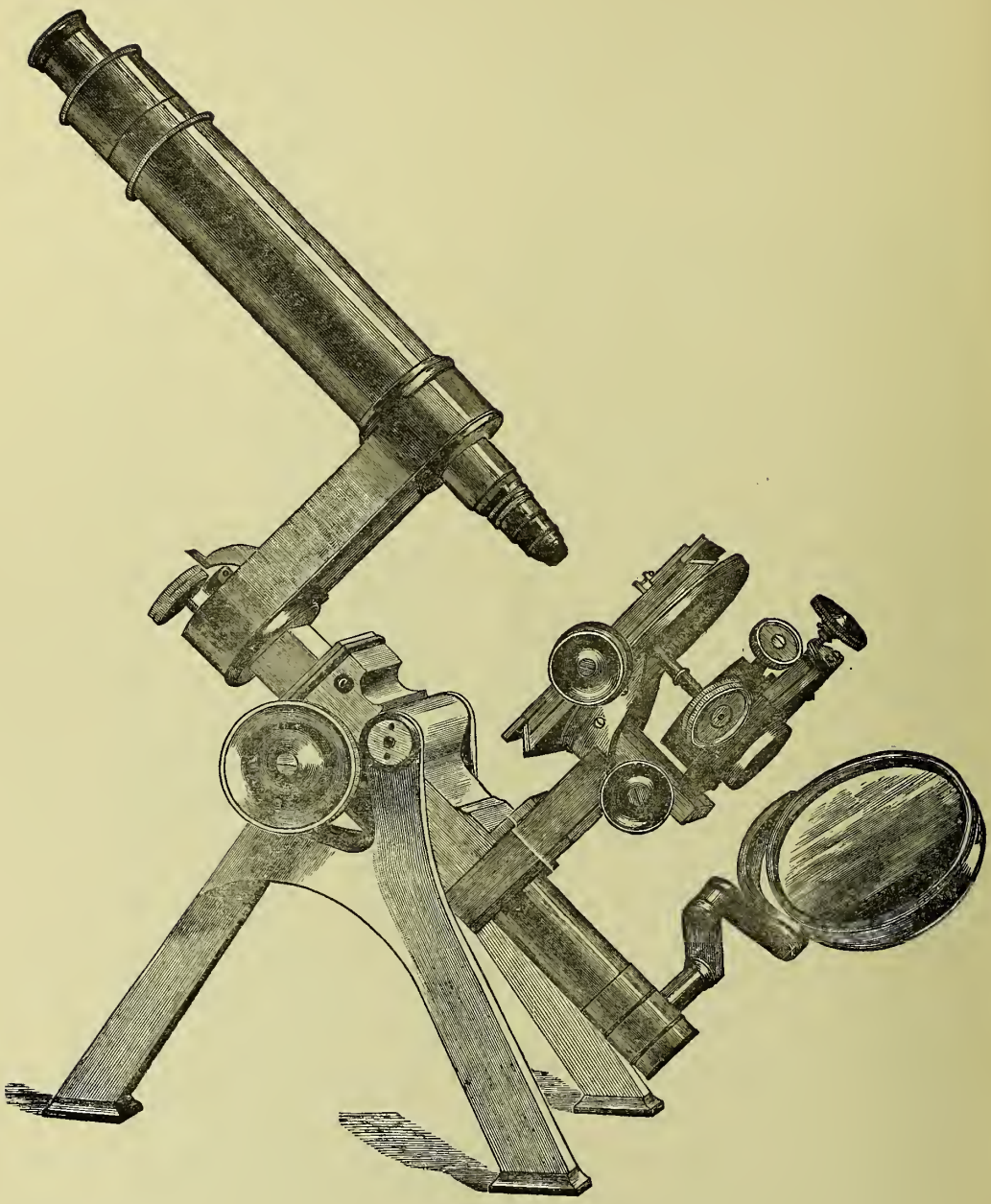


Fig. 140.

trépied, dont les branches très espacées permettent une parfaite stabilité quelque soit la position que l'on fasse prendre à l'instrument. Des plaques de liège qui garnissent les pieds en dessous ajoutent à cette stabilité tout en préservant la table contre le frottement du cuivre.

Quand l'instrument se trouve dans la position horizontale, l'axe optique est à 25 centimètres de la surface de la table.

Le corps du microscope a une longueur telle, que l'intervalle optique entre le foyer principal postérieur de l'objectif et le foyer antérieur de l'oculaire est d'environ 10 pouces ; l'invariabilité de la longueur optique du tube est, nous l'avons déjà dit, très importante ; sa variation, sans altérer l'image, ne peut dépasser 1/4 de pouce avec les objectifs de 1/2 pouce et plus.

L'oculaire de 2 pouces possède le verre de champ le plus large qui puisse être utilisé avec un instrument binoculaire, savoir : 1 1/2 pouces.

Le bras, auquel le corps est fixé, a une longueur de 15 centimètres ce qui, non-seulement laisse un espace libre de 9 centimètres entre l'axe optique et le support, mais permet également l'emploi d'un mouvement à levier, excessivement lent. La partie inférieure du tube, à laquelle s'adaptent les objectifs, est mobile et a une longueur de 7,5 centimètres, elle est maintenue à ses deux extrémités, ce qui rend les balancements impossibles. La vis micrométrique est placée immédiatement derrière le pivot qui supporte la barre ; cette disposition empêche la communication des vibrations à celle-ci. Le mouvement rapide est à crémaillière.

La platine est fixée à une forte pièce en cuivre ; elle porte un chariot à mouvements rectangulaires par crémaillière et par vis, permettant des déplacements de 1 pouce dans chaque direction. Les boutons qui commandent ces déplacements ne suivent pas les mouvements du chariot et restent toujours, au moins, à une distance de 1/4 de pouce des parties mobiles, lorsque celles-ci se trouvent à l'extrémité de leur course.

La platine, peut, à l'aide d'une crémaillière, tourner autour du cende rotation par lequel passe l'axe optique.

Un cercle gradué, en argent, permet la mesure des angles. Les plaques mobiles du chariot sont munies de verniers accusant des déplacements d'un dixième de pouce et peuvent être utilisés comme chercheurs. Ces divisions correspondent aux divisions du chercheur de Maltwood.

L'ouverture de la platine est très large, ce qui permet l'introduction du doigt pour s'assurer du jeu existant entre l'objectif et la préparation, en vue de prévenir le bris du couvre-objet.

Le substage possède deux mouvements mécaniques : les mouvements rectangulaires et rotatoires. Des boutons servent à centrer le substage.

Les miroirs, plan et concave, sont grands et munis d'une double articulation. Toutes les parties mobiles sont accessibles et peuvent être serrées dès qu'elles accusent le moindre jeu.

L'instrument peut être changé instantanément en un microscope binoculaire, en dévissant le tube simple du bras et en le remplaçant par le binoculaire dans lequel on introduit ensuite le prisme.

Le prix de la monture, monoculaire, accompagnée de 2 oculaires est de 1050 francs. Le prix en est de 1175 francs quand le substage est muni d'un mouvement micrométrique.

Le grand microscope composé N° 2, quoique plus petit que le N° 1 est de construction presqu'identique. Il en diffère cependant par quatre points : 1° Les plaques mobiles du chariot n'ont qu'une course maxima de 3/4 de pouce au lieu d'un pouce. 2° La platine n'est pas à rotation, mais la partie supérieure du chariot, qui porte les équerres servant à serrer la préparation, peut tourner autour de l'axe optique. 3° Le chariot n'a pas de verniers. Et 4°, quand l'instrument se trouve dans la position horizontale, la distance entre l'axe optique et la partie supérieure de la table a moins de 25 centimètres. Ainsi conditionné et muni de deux oculaires, ce microscope, monoculaire, coûte 700 francs.

Enfin on se procure, pour la somme de 500 francs, le microscope composé n° 3, de dimensions moindres que le n° 2, et ne possédant au substage ni de mouvement rotatoire ni de mouvements rectangulaires qui sont remplacés par un réglage à mouvement excentrique.

Les objectifs de ces constructeurs, nous l'avons déjà dit, sont de toute beauté. Nous avons, à diverses époques, examiné un certain nombre d'entr'eux, mais nous n'avons de notes détaillées que pour les deux suivants dont nous avons fait un usage prolongé.

1/8e *de pouce*, nouvelle formule, qui est en réalité un 1/10e de pouce, est un objectif de toute beauté.

L'objectif a deux frontales, l'une pour servir à sec et l'autre à immersion. La première a une distance frontale assez courte et qui devient gênante dans l'examen de beaucoup de préparations, mais celle de la seconde est beaucoup plus longue et permet des couvre-objets relativement épais. La puissance optique des deux frontales ne diffère guère ; toutefois nous croyons devoir dire que c'est à immersion que nous préférons l'objectif.

L'angle d'ouverture total de l'objectif est de 140 degrés. Mesuré dans l'air, par la méthode de Govi, nous voyons que l'angle utile est de 127 degrés.

J. C. Kelsey

; images données par cet objectif sont d'une pureté et d'une :é extrêmes et ne laissent absolument rien à désirer.

.ns la lumière centrique, le microscope étant armé d'un tout petit nragme, nous avons pu résoudre parfaitement le neuvième groupe aiblement le dixième groupe de la table de Nobert à dix-neuf ıpes.

'ans ce même éclairage le *Pleurosigma* est aussi fort nettement ›lu en perles et l'objectif montre le pygidium de la puce d'une on parfaite. La définition est donc aussi bonne qu'elle peut l'être la profondeur de foyer est considérable. Toutes les conditions ıuises pour les études histologiques sont dont parfaitement remplies.

L'objectif n'est pas moins beau dans l'éclairage oblique. Tous les sts usuels, y compris le difficile *Amphipleura pellucida*, sont résolus ar le simple éclairage de la lampe.

L'emploi de la lumière monochromatique solaire, à l'aide de la cuve à sulfate de cuivre ammoniacal, nous a permis de résoudre le dernier numéro du test de Nobert à dix-neuf groupes.

1/8e *de pouce apochromatique*, de cette année, est un objectif qui peut être considéré comme un des plus beaux qu'il y ait actuellement.

L'O. N. est de 1.40, la luminosité est très considérable ; les images sont très belles, fines et incolores. Dans l'éclairage axial le test de Nobert montre le 12e groupe et dans l'éclairage oblique le 19e groupe est parfaitement résolu.

L'*Amphipleura* se résout en perles dans l'éclairage solaire monochromatisé oblique.

Dans la grande série d'objectifs de MM. Powell & Lealand nous citerons entr'autres les suivants.

FOYER NOMINAL.	OUVERTURE NUMÉRIQUE.	PRIX £.	s.	d.
	Objectifs à sec.			
4 pouces	. . . 08 . . .	1	10	0
3 »	. . . 09 . . .	2	15	0
2 »	. . . 13 . . .	2	15	0
1 pouce	. . . 26 . . .	3	3	0
2/3 de pouce . . .	. . . 39 . . .	5	0	0
1/2 »	. . . 57 . . .	5	0	0
1/4 »	. . . 94 . . .	8	10	0
1/10 »	. . . 94 . . .	10	0	0
	Objectifs à Immersion dans l'eau.			
1/8 »	. . 1.26 . . .	12	0	0

		Objectifs à Immersion homogène.			
1/8	»	. . 1.29 . . .	12	0	0
1/8	»	. . 1.5 . . .	35	0	0
1/12	»	. . 1.5 . . .	40	0	0
1/20	»	. . 1.5 . . .	60	0	0
		Objectifs Apochromatiques.			
1/8	»	. . 1.40 . . .	25	0	0
1/10	»	. . 1.40 . . .	25	0	0
1/12	»	. . 1.40 . . .	25	0	0
1/10	»	. . 1.50 . . .	50	0	0
1/20	»	. . 1.40 . . .	40	0	0

Condenseurs de MM. Powell & Lealand.

Condenseur achromatique de 0,99 O. N. . . . . Prix £ 8.8.0
» » homogène O. N. 1. 3 . . » £ 12.0.0
» chromatique . . . . . » £ 2.2.0
» apochromatique à immersion homogène
O. N. 1.40 . . . . . » £ 15.0.0

Pour les détails voir notre chapitre des condenseurs page 82 et 83.

Oculaires compensateurs £ 6. 10. 0, pour la série des oculaires 10 20 et 30, qui forme une série très rationnelle.

CARL REICHERT (26 Bennogasse **Vienne**, **Autriche**).

Quoiqu'à peine établi depuis un petit nombre d'années, M. C. Reichert, qui est un élève du Dr Hartnack, a pris promptement une place prépondérante parmi les constructeurs actuels. Les montures sont très élégantes et travaillées avec un soin extrême ; quant à ses objectifs ils comptent certainement parmi les meilleurs de notre époque.

Le plus grand modèle (fig. 141) de ce constructeur est à inclinaison ; le mouvement rapide se produit par une crémaillière, et le mouvement lent se fait par une vis micrométrique d'une grande perfection et d'une exécution très soignée, commandée par un bouton molleté gradué. Le tube, à tirage, est divisé en millimètres. Le pied, en forme de fer à cheval, est très lourd et d'une grande stabilité.

La platine, circulaire et tournante, est divisée en 360° et peut servir de goniomètre pour la mesure des angles. Elle porte un chariot mobile à mouvements rectangulaires et est munie de verniers.

L'appareil d'éclairage se compose d'un miroir plan et concave, d'un condenseur d'Abbe à ouverture numérique 1.20 ou 1.40 et d'un diaphragme-Iris dont l'ouverture peut varier depuis 2 jusqu'à 30 millimètres. Le diamètre de cette ouverture est indiqué, sur le bord gradué du diaphragme, par le petit levier qui sert à le modifier. Le diaphragme possède un mouvement excentrique et permet de donner l'éclairage oblique dans toutes les directions. Toutes les parties qui composent

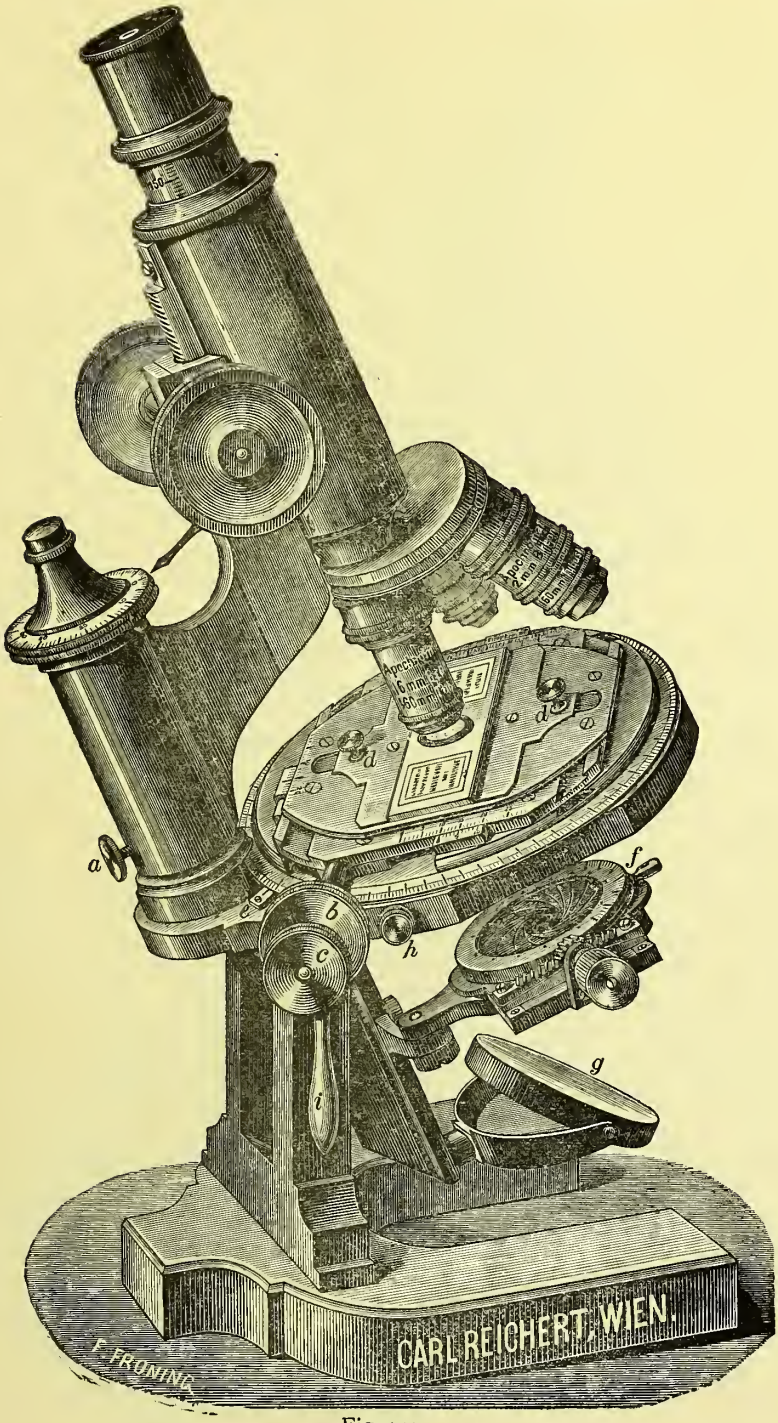


Fig. 141.

le système d'éclairage sont fixées sur une pièce à qui une crémaillière communique un mouvement vertical par rapport à la platine. Le condenseur peut être enlevé et être remplacé par le diaphragme à tube. Le prix de la monture seule est de 460 francs. L'instrument enfermé dans une élégante boite en acajou, fermant à clef, se vend complet 1760 francs. Dans ce cas la monture, décrite ci-dessus, est accompagnée des objectifs à sec 1ª, 2, 4, 6, 8ª, de l'objectif à immersion à l'eau 10, et de l'objectif homogène 19; des oculaires d'Huygens I, III, IV, des oculaires de compensation 4 et 12, de l'oculaire micrométrique II, d'un micromètre objectif, d'une chambre claire d'après Abbe, d'un polariscope, d'un saccharimètre avec support et avec tube de réserve, d'un oculaire spectroscopique, d'une loupe sur pied pour l'éclairage des corps opaques, d'un microscope à dissection donnant un grossissement de 10, 20 & 30 diamètres, d'une loupe à main d'après Steinheil, d'un revolver pour trois objectifs, d'un microtome, de 100 porte-objets, de 100 couvre-objets, d'une douzaine de lamelles creuses et d'une collection d'instruments de dissection, comprenant : 2 scalpels, 1 bistouri, 1 lancette, 2 aiguilles à préparation, 1 paire de ciseaux droits, 1 paire de ciseaux recourbés, 2 paires de pincettes et 1 rasoir. L'instrument, ainsi composé, donne un grossissement variant de 16 à 3000 diamètres.

Un autre grand modèle (fig. 142) ci-contre page 171, un peu plus petit que le précédent, a une platine carrée fixe portant un chariot qui s'enlève à volonté. Ce chariot n'a pas d'épaisseur; deux guides viennent prendre la préparation sur les côtés et la maintiennent solidement. Les mouvements sont communiqués à ces guides à l'aide de boutons qui commandent une crémaillière pour le mouvement longitudinal et une vis pour le mouvement transversal. L'appareil d'éclairage d'Abbe muni d'un diaphragme-Iris est mobile de haut en bas par une crémaillière et le miroir est plan d'un côté, concave de l'autre. L'instrument, qui est inclinant, possède un tube à tirage gradué et les mouvements prompt par une crémaillière et lent par une vis micrométrique très soignée. Le pied est en forme de fer à cheval. Sans accessoires, ce microscope se vend au prix de 213 francs.

Il est ordinairement accompagné des objectifs 2, 4, 6 et 8ª ordinaires, d'un objectif homogène 18, des oculaires III et V, d'un révolver à trois objectifs, d'un oculaire-micromètre II et coûte alors 630 francs.

Le modèle N° III, (fig. 143) est un instrument élégant et d'une construction très soignée. Malgré son prix très modique de 145 francs, cette monture est munie d'un mouvement rapide par crémaillière, d'un mouvement lent par vis micrométrique et d'une articulation pour l'inclinaison de l'instrument. Le tube est à tirage. Le diaphragme

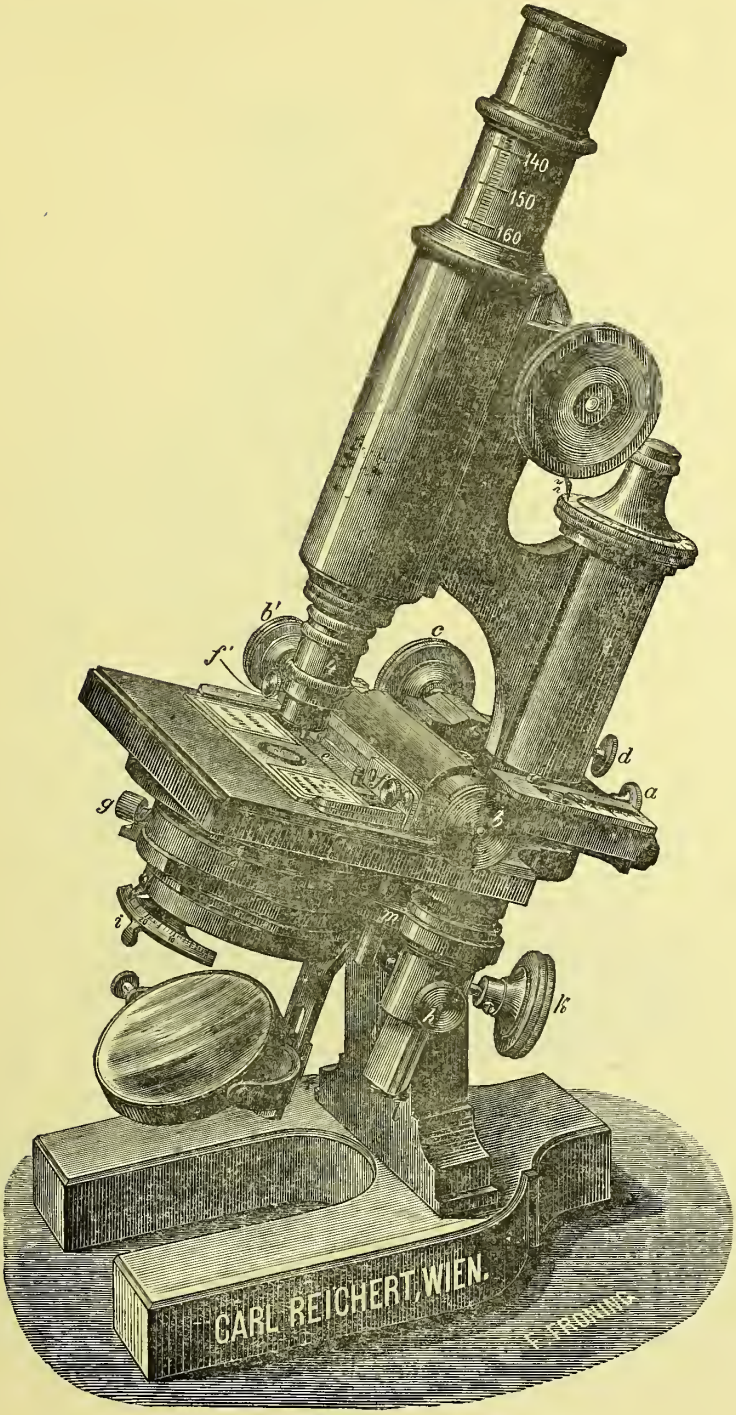


Fig. 142.

est à cylindre et peut-être monté ou abaissé au moyen d'une vis et d'un pignon pour le réglage de la lumière. Ce diaphragme se laisse

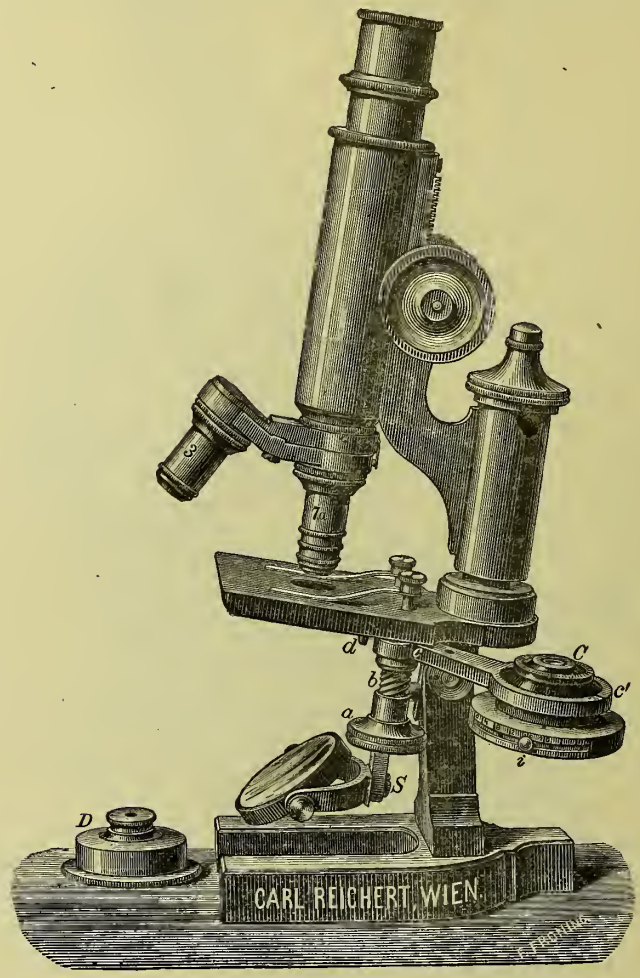


Fig. 143

facilement enlever pour être remplacé par un condenseur Abbe simplifié muni d'un diaphragme-Iris. Cet instrument est généralement accompagné d'un revolver pour trois objectifs, de deux oculaires Nos II et IV et de 3 objectifs, Nos 3, 7 a et 18 b, donnant un grossissement qui varie de 50 à 1200 diamètres. Son prix est alors de 382 francs.

Parmi les petits modèles, citons le N° IV (fig. 144) qui est un microscope droit à mouvement rapide par glissement et à mouvement lent par une vis micrométrique agissant sur un levier. Le diaphragme

est formé par une plaque circulaire tournante, légèrement bombée et percée de trous de différents diamètres. Le miroir plano-concave est articulé et permet la lumière oblique. Le prix de cet instrument, pourvu des objectifs 3, 6, 8, et des oculaires II et IV grossissant 50 à 880 fois, est de 156 francs.

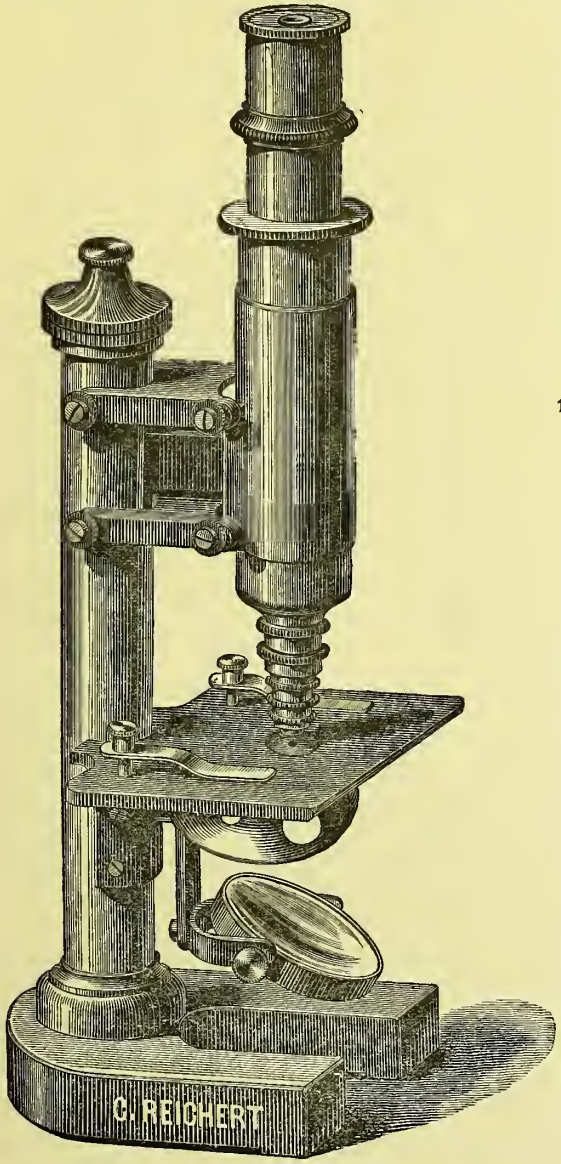


Fig. 144.

Examinons maintenant les objectifs du constructeur viennois. Voici les résultats que nous avons obtenu.

1. Objectifs achromatiques.

N° 5 (1/4 de pouce); O. N. = 0,73. — Très bon objectif, images très nettes et très pures. Il résout le *Pleurosigma angulatum* à sec, et, dans le nouveau test de Möller, il montre le *Vanheurckia Lewisiana* et passablement le *Vanheurckia rhomboides*. Le pouvoir résolvant est donc élevé, et cependant la distance frontale, très grande, permet encore l'examen superficiel des objets sans cover. Avec l'éclairage électrique, on peut résoudre le 6me groupe de Nobert dans la lumière axiale et le 10me dans la lumière oblique.

N° 6 (1/5e de pouce); O.N. = 0,83. — Eclairage centrique : 7me groupe ; éclairage oblique, 10me groupe de Nobert. Images pures ; distance frontale grande.

N° 7*a* (1/6e de pouce) ; O.N. = 0,83. — Ne diffère guère du précédent que par un grossissement un peu plus grand.

N° 8*a* (1/9e de pouce) ; O.N = 0,85. — Lumière centrique : 7me groupe de Nobert ; lumière oblique : très bien le 11me groupe.

N° 9 (1/12e de pouce). — Nous avons examiné deux objectifs de ce numéro ; l'un a une ouverture de 0,86, l'autre de 0,98. — Le premier, sauf le grossissement, possède les mêmes qualités que le précédent ; le second résout, dans l'éclairage oblique, le 12me groupe de Nobert. Les images sont très bonnes et la distance frontale assez longue pour permettre l'emploi de couvre-objets épais.

Nos X et XI, à immersion dans l'eau. — Les deux objectifs sont montés à correction. L'ouverture numérique du premier est de 1,22 ; celle du second de 1,18. — Les deux objectifs sont très beaux, les images sont pures, nettes et vigoureuses. Un de nos tests de Nobert, monté dans le médium jaune, nous a très nettement montré le 18me groupe avec l'objectif n° X. L'*Amphipleura pellucida* de la nouvelle plaque de Möller se montre passablement. Dans le médium jaune, il se montre parfaitement ; toutefois, dans les deux cas, le frustule est un peu déformé, ce qui prouve que l'objectif n'est plus parfaitement corrigé quand on utilise l'extrême limite de l'ouverture.

Homogènes. — Nous avons examiné deux numéros, le 1/15e et le 1/20e de pouce. Tous deux étaient sans correction, mais sur demande, on les construit avec correction — Le premier (1/15) a une ouverture numérique de 1,26 ; le second, de 1,29

Ces deux objectifs sont de toute beauté et ne sont en rien inférieurs aux meilleurs que nous avons examiné jusqu'à présent. Les images sont excessivement pures. — Le 1/20 nous a montré le 19me groupe de Nobert (médium jaune), si bien résolu qu'on n'avait aucune peine à en compter les lignes. La distance frontale est assez longue pour permettre l'emploi de couvre-objets épais, ce qui n'est guère le cas dans les autres objectifs de même foyer que nous possédons.

L'*Amphipleura* se montre parfaitement résolu sur toute sa longueur. L'objectif supporte donc parfaitement toute son ouverture ; nous dirons même que peu d'objectifs nous ont donné une image aussi plane.

II. Objectifs apochromatiques.

M. Carl Reichert est le premier constructeur qui ait suivi la maison Zeiss dans la fabrication des objectifs apochromatiques. Les objectifs apochromatiques de M. Carl Reichert ont été décrits par nous pour la première fois, dans le Bulletin de la Société belge de Microscopie, séance du 30 juin 1888.

Les objectifs apochromatiques de M. Reichert sont actuellement au nombre de 6. Ce sont :

1 objectif de 2/3 de pouce.
1 » de 1/3 »
1 » de 1/6e »
1 » de 1/12e » O. N. 1.25.
1 » » » O. N. 1.30.
1 » » » O. N. 1.40.

Nous avons eu l'occasion de faire une étude approfondie du 1/6e et de deux douzièmes de pouce.

Le 1/6e à sec, que M. Reichert désigne sous le nom de « 4 milimètres de foyer » est, sans contredit, l'objectif à sec le plus résolvant que nous ayons eu l'occasion de manier jusqu'ici.

L'objectif est à correction et construit pour le tube continental de 16 centimètres ; il permet toutefois, grâce à l'étendue de la correction, l'emploi d'une longueur de tube plus grande sans que l'image perde notablement de sa beauté.

L'ouverture numérique est, d'après M. Reichert, de 0,95. Nous trouvons de notre côté que ce chiffre est dépassé.

Les images sont très belles et très pures. Dans l'éclairage axial, le *Pleurosigma angulatum* à sec, aussi bien que dans le styrax, se montre parfaitement résolu ; les points d'exclamation du *Podura*, le seul test qui permette de juger réellement de la perfection de l'apochromatisme, ces points d'exclamation, disons-nous, se montrent nettement définis, d'un beau noir et avec une longue raie lumineuse parfaitement incolore.

Dans l'éclairage oblique, on résout le *Vanheurckia rhomboides* du test de Möller. Avec la lumière monochromatique solaire, on parvient à voir, dans le médium jaune, les stries de l'*Amphipleura*, mais la netteté de définition laisse à désirer.

Le test de Nobert, dans le médium jaune et la lumière électrique, nous a montré le 10e groupe dans l'éclairage axial, et dans l'éclairage oblique le 15e groupe parfaitement résolu.

Malgré cette puissance résolvante, poussée à un point excessif pour un objectif à sec, la distance frontale, quoique naturellement courte, est cependant très suffisante pour toutes les observations courantes.

Les douzièmes de pouce, que nous avons étudié, sont construits l'un pour le tube continental, l'autre pour le tube anglais.

L'un deux a une ouverture de 1.3. le second a une ouverture de 1.4.

Le 1/12e (2 mill. de foyer) construit pour le tube continental, ne laisse guère à désirer. Dans l'éclairage axial les points d'exclamation

du *Podura* sont nets, d'un beau noir et la raie lumineuse est très longue.

Tous les tests, y compris le 19e groupe de Nobert sont résolus, avec la plus grande netteté, par cet objectif.

Nous ne sommes pas parvenu à résoudre avec une parfaite netteté l'*Amphipleura* en perles par transparence. Nous croyons que pour cela l'ouverture 1/3 ne suffit pas.

Le deuxième objectif, celui pour le tube anglais, est tout-à-fait semblable au précédent, mais l'image surpasse encore en pureté, celle donnée par l'objectif précédent.

3. Nouveaux objectifs semi-apochromatiques.

M Carl Reichert désigne sous ce nom des objectifs tout semblables aux apochromatiques à la seule différence près que la fluorite n'entre pas dans leur composition.

Nous possédons un de ces objectifs, le 1/15e de O.N. 1.40.

Le prix de cet objectif n'est que de 250 frs. Les images du *Podura*, etc. ont une légère coloration rouge, reste d'un peu de spectre secondaire. Mais, sauf ce petit défaut, qui n'est appréciable qu'en photomicrographie, l'objectif est absolument irréprochable et la résolution des tests les plus difficiles comme, par exemple, celle du 19e groupe de Nobert, se fait de la façon la plus nette et sans peine.

Nous ne pouvons trop recommander cet objectif à tout travailleur consciencieux qui ne veut pas faire de la photomicrographie sa branche favorite, car l'objectif est absolument suffisant pour les recherches les plus délicates comme nous l'a démontré un grand emploi de l'objectif.

Nous donnerons encore pour finir l'indication des divers objectifs construits par M. Reichert.

NUMÉRO DES OBJECTIFS.	FOYER EN MILLIM.	OUVERTURE NUMÉRIQUE.	PRIX FRANCS.
	Objectifs à sec.		
0	60.5	—	14.—
1	40.0	—	14.—
1*a*	40.0	—	14.—
2	30.0	0.17	21.—
3	15.5	0.34	21.—
4	9.2	0.50	30.—
4*b*	12.1	0.35	30.—
5	5.4	0.65	35.—
6	4.3	0.77	37.—

. . 7 . .	. . 2.8 . .	. . 0.82 . .	37.—
. . 7*a* . .	. . 3.6 . .	. . 0.82 . .	45.—
. . 8 . .	. . 2.2 . .	. . 0.87 . .	44.—
. . 8*a* . .	. . 2.8 . .	. . 0.87 . .	50.—
. . 9 . .	. . 2.0 . .	. . 0.95 . .	65.—
. . 9 . .	. . 2.0 . .	. . 0.95 . .	85.—
Objectifs à immersion dans l'eau.			
. . 10 . .	. . 1.8 . .	de 1.10 à 1.20	85
. . 10 . .	. . 1.8 . .	» »	112
. . 11 . .	. . 1.3 . .	» »	137
Nouveaux objectifs semi-apochromatiques.			
. . 18 . .	. . 1.8 . .	de 1.30 à 1.35	200.—
. . 19 . .	. . 1.3 . .	» »	300.—
. . 18*a* . .	. . 1.8 . .	de 1.40 à 1.43	250.—
. . 18*b* . .	. . 1.8 . .	de 1.20 à 1.25	125.—
. . 19*b* . .	. . 1.3 . .	» »	212.—
Objectifs apochromatiques.			
. . . . .	. . 16 . .	. . . 0.30 . . .	100.—
. . . . .	. . 8 . .	. . . 0.50 . . .	40.—
. . . . .	. . 4 . .	. . . 0.95 . . .	200.—
. . . . .	. . 2 . .	. . . 1.25 . . .	300.—
. . . . .	. . 2 . .	. . 1.30 . . .	400.—
. . . . .	. . 2 . .	. . . 1.40 . . .	500.—

M. Ferdinand Van Heurck, rue du moulin à Anvers, est l'agent accrédité pour la Belgique et la Hollande de M. Carl Reichert.

ROSS & Cie (112 New Bond street, **Londres**).

La maison fondée par le célèbre André Ross jouit encore toujours d'une réputation bien méritée.

Cette maison fabrique un grand nombre de montures parmi les quelles nous en signalerons deux qui sont des instruments hors ligne.

Le *microscope* dit RADIAL DE WENHAM (fig. 145).

Construit dans le but spécial d'obtenir le maximum de lumière dans toutes les directions de l'éclairage oblique, tous les mouvements d'inclinaison et de rotation rayonnent de l'objet comme centre commun.

Pour atteindre ce bût, M. Wenham, le créateur de ce type, lui a donné les dispositions suivantes :

1° Un secteur glissant dans deux coulisses permet toutes les positions possibles entre la verticale et l'horizontale.

2° Tout l'appareil optique peut, sans déplacement du pied, être incliné à droite et à gauche.

3° Tout l'appareil optique peut tourner autour de l'appareil d'éclairage.

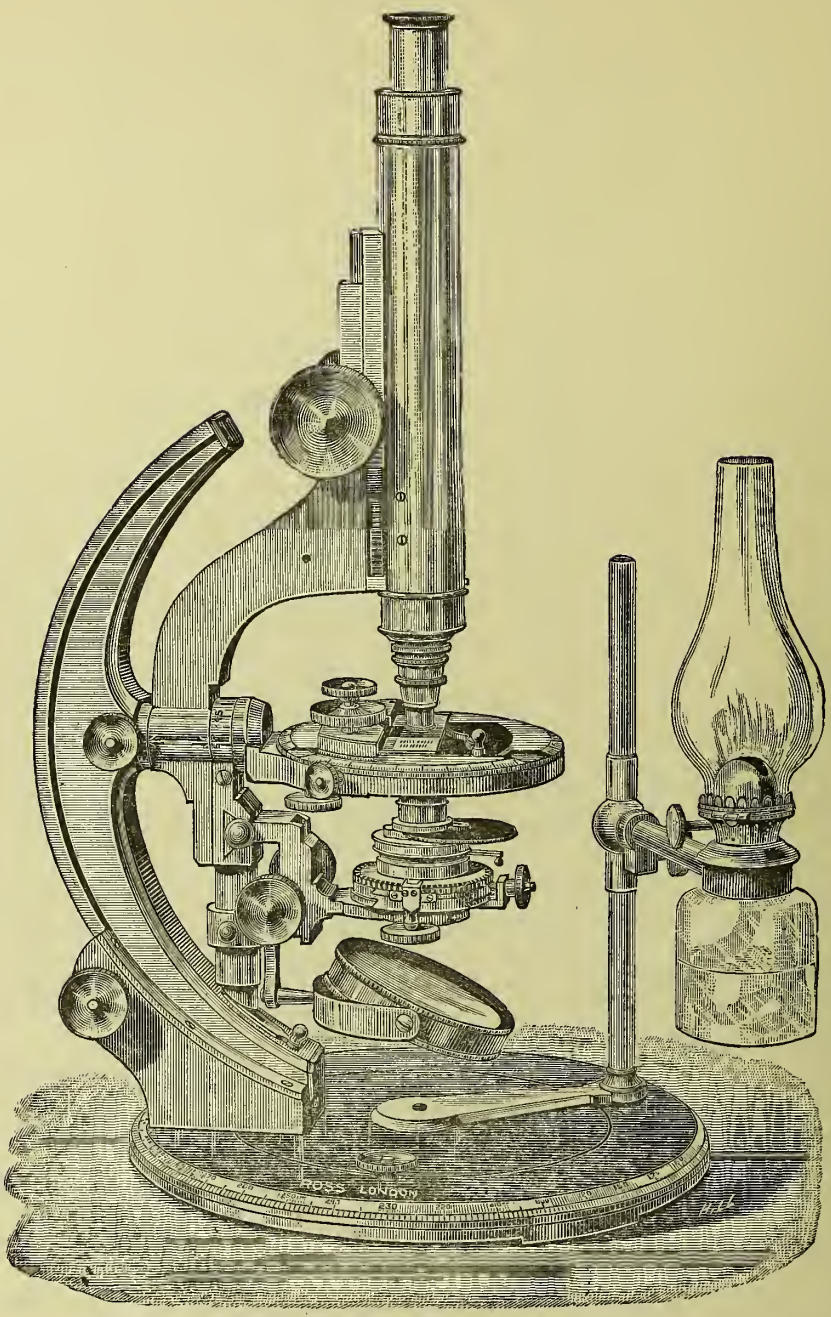


Fig. 145.

4° Le miroir et le substage peuvent prendre toutes les positions obliques désirées ; la platine du microscope est le centre de ces mouvements.

5° La platine peut faire une rotation complète autour de l'axe optique et peut être centrée pour les divers objectifs.

6° L'appareil d'éclairage, peut prendre toutes les positions désirées, et peut, le microscope restant fixe, décrire un cercle presque complet autour de ce dernier.

7° Le mouvement lent est d'un système tout nouveau et le premier qui ait été construit ainsi. Il est d'une douceur et d'une sensibilité excessives et l'objet une fois mis à point reste absolument dans la même mise-à-point aussi longtemps que l'on ne touche pas au bouton de la vis de rappel.

Dans ce mouvement lent, le tube intérieur, fort longuement guidé, sort, poussé par une vis à pas excessivement fin. En même temps un ressort, placé dans un barillet extérieur au tube, pousse un cylindre de cuivre exactement rodé dans le barillet, et tend sans cesse à faire rentrer le tube du microscope.

Le bouton du mouvement lent, placé au bout d'une longue tige d'acier, se trouve près de l'oculaire. Au premier abord cette position paraît incommode, mais bientôt on s'y fait et alors on la trouve excellente.

La forme de ce microscope diffère de tout ce que nous voyons habituellement et on est assez disposé à s'en étonner, peut-être même à s'en effrayer de prime-abord.

Les craintes ne sont pas fondées, plusieurs années de maniement de cet instrument, que nous considérons comme une des meilleures pièces de notre collection, nous ont montré que l'appareil est très commode à l'usage et qu'il est surtout d'une stabilité à toute épreuve.

Les figures 146, 147, 148, et 149 montrent les différentes positions que peut prendre l'instrument et qui toutes, à un moment donné, trouvent leur utilité.

Le prix de cette monture est de 1050 frs. avec le tube monoculaire et de 1250 frs. avec le tube binoculaire.

Le 2e grand modèle est le MICROSCOPE ROSS-ZENTMAYER N° 1 (fig. 150). Dans cet instrument la platine est mince, et le substage peut prendre toutes les inclinaisons possibles autour de l'objet qui est le centre de tous les mouvements de l'instrument. De même que dans le Radial, le miroir peut au besoin éclairer l'objet par dessus et toutes les inclinaisons peuvent être lues sur la graduation inscrite sur la partie superieure de la tige qui porte le substage et le miroir.

La platine est à chariot, le mouvement prompt est à crémaillière et le mouvement lent est à levier.

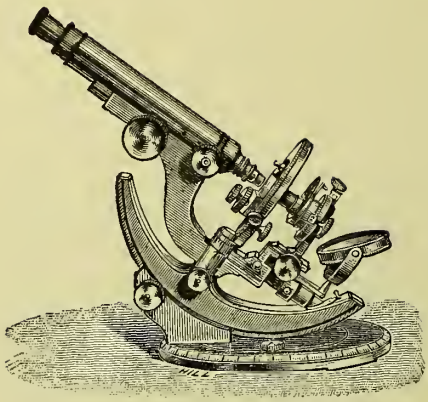


Fig. 146.

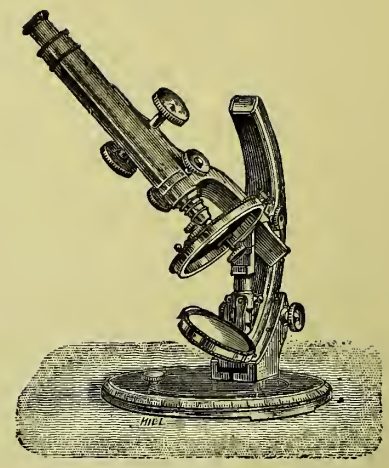


Fig. 147.

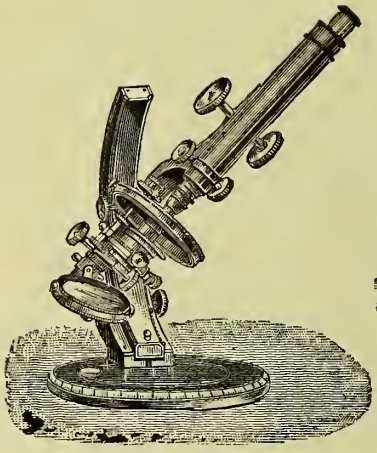


Fig. 148.

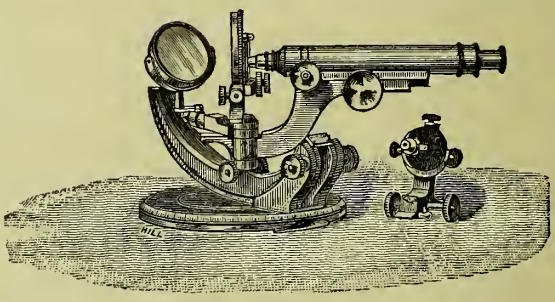


Fig. 149.

L'instrument est suspendu entre deux colonnes et peut être fixé dans toutes les inclinaisons.

Le prix de cette monture est de frs. 730 avec le tube monoculaire et de frs. 775 avec le binoculaire.

Les objectifs de MM. Ross & C°, sont construits sur un plan spécial imaginé par M. Wenham. Ils sont réduits à trois lentilles simples dont une en flint lourd et les deux autres en crown.

Voici le résultat que nous avons obtenu de l'examen de ces objectifs.

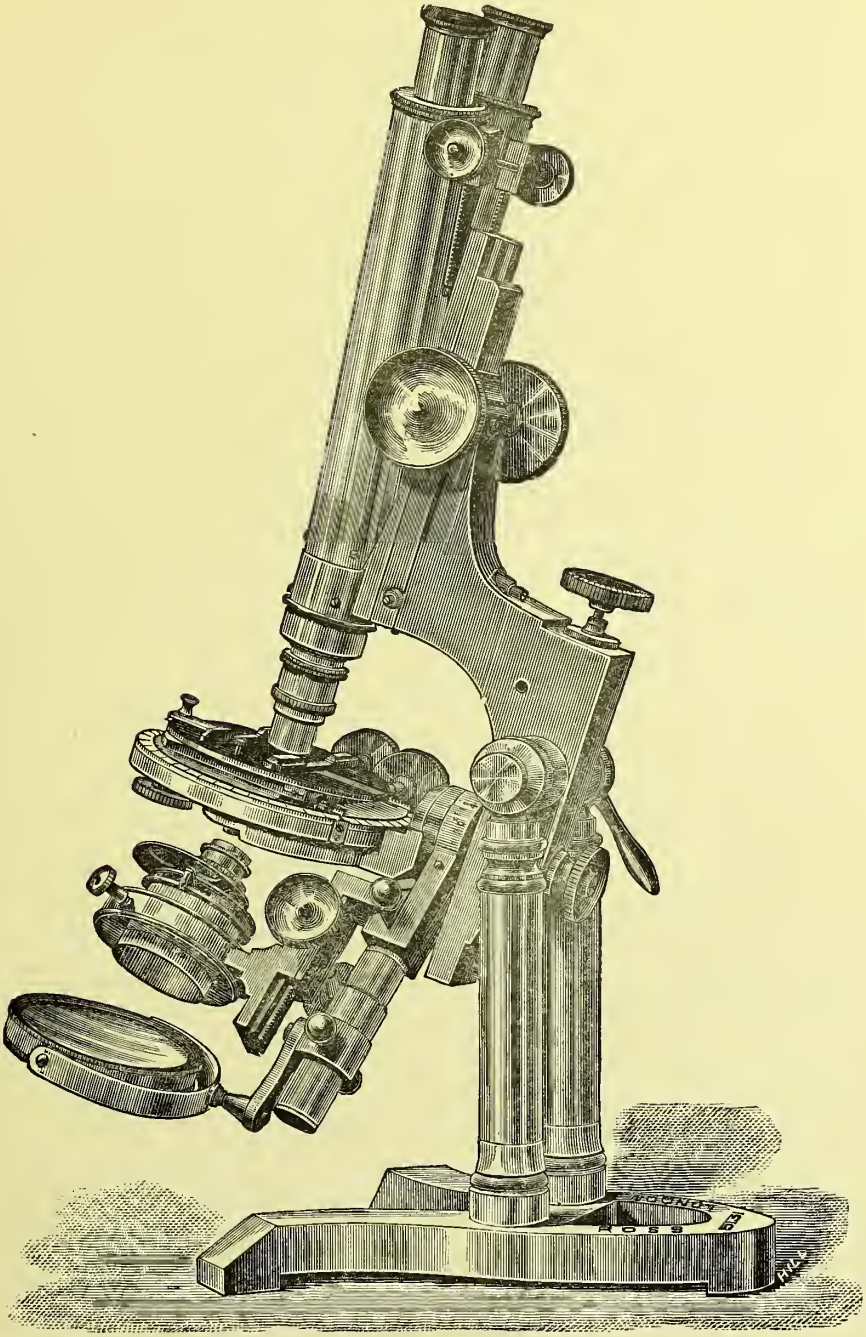


Fig. 150.

1/2 *pouce*. Images excessivement nettes. Dans la lumière centrique, la définition est parfaite et le pygidium de la puce se montre d'une façon excessivement remarquable pour un objectif aussi faible.

Dans la lumière oblique on parvient à résoudre le *Pleurosigma angulatum*, mais la coloration est toutefois assez forte.

1/7e *de pouce*. — Cet objectif est excellent ; de même que le 1/5e, le 1/10e, le 1/15e et le 1/25e de MM. Ross & Co, il peut s'employer à volonté à sec ou à immersion par le simple changement de la correction. L'angle d'ouverture extrême de l'objectif est de 130 degrés, il montre fort bien dans la lumière centrique le huitième groupe du test de Nobert. Sa distance frontale, qui est très grande, en fait un objectif très précieux pour le travail journalier, la pureté des images ne laisse rien à désirer.

1/15e *de pouce*. — L'angle d'ouverture de l'objectif est de 150 degrés, il montre assez bien le neuvième groupe de Nobert dans la lumière centrique.

Les images sont très pures et la distance focale assez notable.

Le pygidium de la puce est admirablement défini dans la lumière centrique, et dans l'éclairage oblique monochromatique on peut résoudre tous les tests connus.

Voici la série des objectifs fabriqués par MM. Ross & Co :

Série des objectifs faibles.

OBJECTIFS.	OUVERTURE.	GROSSISSEMENTS.				PRIX.		
		A.	B.	C.	D.	£.	s.	d.
*4 inch.	9°	12	18	25	40	1	11	6
*3 »	10°	15	20	35	50	2	2	0
3 »	12°	15	20	35	50	3	3	0
*2 »	12°	25	40	60	100	2	2	0
2 »	15°	25	40	60	100	3	3	0
*1 1/2 »	15°	35	60	95	150	2	2	0
1 1/2 »	20°	35	60	95	150	3	3	0
*1 »	15°	50	80	125	200	2	2	0
1 »	25°	50	80	125	200	3	10	0
2/3 »	35°	80	130	200	300	3	10	0

Série des nouveaux objectifs.

OBJECTIFS.	OUVERTURE.	GROSSISSEMENTS.						PRIX.		
		A.	B.	C.	D.	E.	F.	£	s.	d.
1/2 inch.	45°	100	160	250	400	500	800	4	4	0
1/2 »	80°	100	160	250	400	500	800	5	5	0
3-10 ths »	60°	165	265	410	660	820	1300	4	10	0
3-10 ths »	90°	165	265	410	660	820	1300	5	10	0
1-5 th »	85°	250	400	620	1000	1250	2000	5	5	0
1-5 th »	120°	250	400	620	1000	1250	2000	6	6	0
1-7 th »	130°	340	540	850	1300	1700	2700	7	7	0
1-10 th »	140°	500	800	1200	2000	2500	4000	9	9	0
1-15 th »	150°	750	1200	1800	3000	3700	6000	12	12	0
1-25 th »	160°	1200	2000	3100	5000	6200	10000	21	0	0

W. & H. SEIBERT (ancienne firme Seibert & Kraft) **à Wetzlar.** Ces Messieurs construisent d'excellents microscopes, aussi soignés sous le rapport mécanique que dans la partie optique qui ne laisse rien à désirer. Leur grand modèle (fig. 151) a un pied fort lourd en cuivre d'où s'élève un bras qui soutient tout le mécanisme, de façon à pouvoir donner toutes les inclinaisons. L'instrument est à tourbillon. Le double tube stéréoscopique peut être remplacé par un tube monoculaire.

L'instrument possède trois mouvements ; un mouvement prompt par crémaillière et deux mouvements lents : l'un pour les grossissements moyens, l'autre pour les très forts. Ces deux mouvements sont dits *sans frottement*, comme celui que nous décrirons plus loin, et empêchent absolument tout ballottement. Le bouton de la vis de rappel pour les forts grossissements est gradué.

L'appareil d'éclairage d'après Abbe est mobile et peut être centré au moyen de ressorts et est muni d'un diaphragme-Iris.

Tout le système d'éclairage peut être facilement écarté et remplacé par les appareils usuels du substage, tels que le tube-diaphragme, le polarisateur, etc.

La platine, construite d'après les modèles anglais, est mobile dans les deux sens et munie de verniers. Cette platine s'enlève à volonté, et peut être remplacée par une platine ronde unie, graduée et munie de vis de centrage, permettant de mouvoir le porte-objet dans de faibles limites.

Enfermé dans une boite, la monture, telle qu'elle vient d'être décrite,

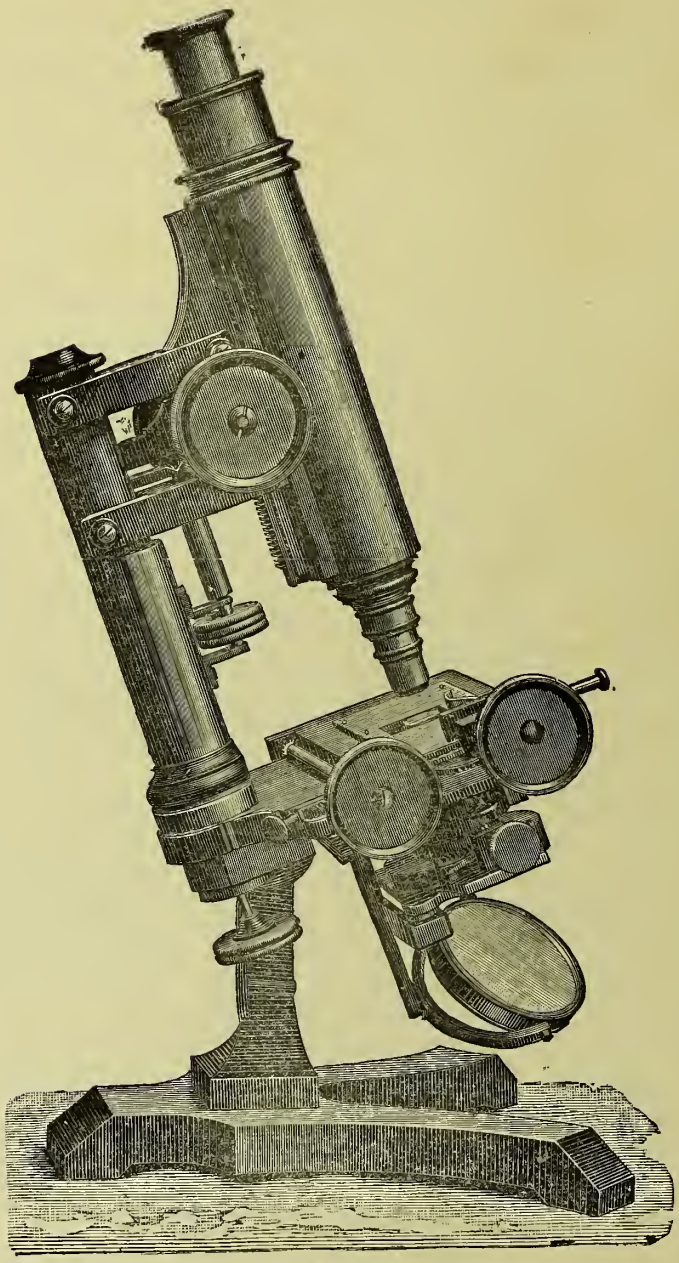


Fig. 151.

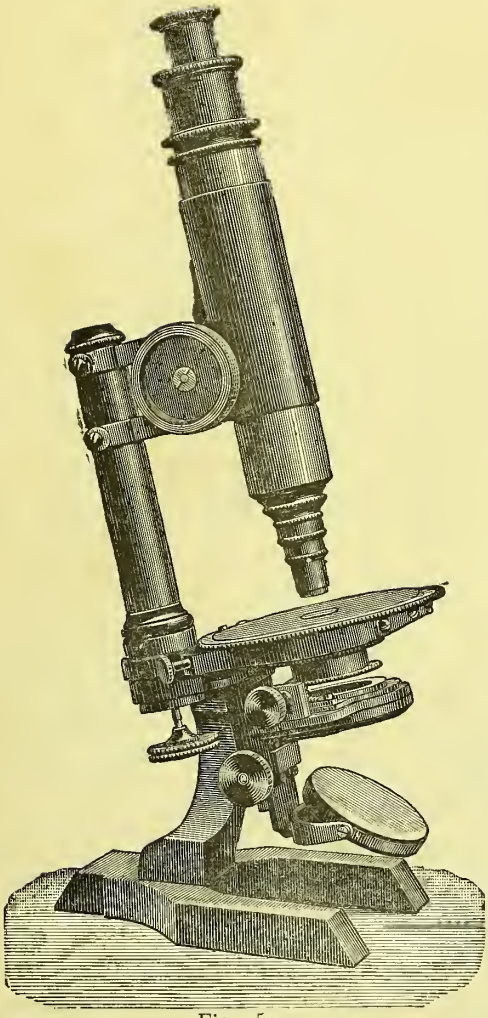


Fig. 152.

coûte 475 francs. Livré sans la platine mobile l'instrument ne coûte que 375 francs.

L'appareil complet est accompagné d'un revolver pour 5 objectifs, d'un micromètre oculaire à réglage facultatif, de l'appareil de polarisation avec cercle gradué, d'une chambre claire système Abbe, d'une lentille sur pied pour l'éclairage des objets opaques, d'un compresseur et d'un micromètre-objectif.

Enfin, l'instrument possède quatre oculaires et toute la série des objectifs ordinaires de n° OO à n° VII*b*, les objectifs apochromatiques de 16 mm., 8 mm. et 4 mm., les objectifs à immersion homogène de 2 mm. et 1.5 mm. à O.N. 1.30 ainsi que les oculaires compensateurs 2. 4. 6. 8. 12 & 18.

Des test-objets, des lamelles creuses, des porte-objets et des couvre-objets accompagnent ordinairement ce microscope qui est enfermé dans une forte caisse en acajou verni, avec garnitures en cuivre et qui coûte 2387,50 frs.

Le stativ n° 2 (fig. 152) de proportions moindres que l'instrument précédent est de construction presqu'identique. Il ne possède que deux mouvements pour la mise à point, le mouvement prompt à crémaillière et le mouvement lent à vis micrométrique dont la tête est graduée. Le tube est à tirage et est divisé. La platine est à tourbillon et l'éclairage est formé d'un condenseur Abbe muni d'un diaphragme-Iris. Les différentes pièces qui l'accompagnent consistent en un revolver pour 4 objectifs, un oculaire micrométrique mobile, un appareil de polarisation avec cercle gradué, une chambre claire, une loupe sur pied, les objectifs n^os^ O à VII *b* ordinaires, un objectif

à immersion homogène 1/12 de 1.30 d'ouverture numérique et les oculaires nos O et I simples et nos II et III périscopiques donnant un grossissement de 18 à 1500 diamètres. L'instrument, enfermé dans une forte boite avec des test-objets et d'autres accessoires tels que porte-objets et couvre-objets, est vendu au prix de 1162.50.

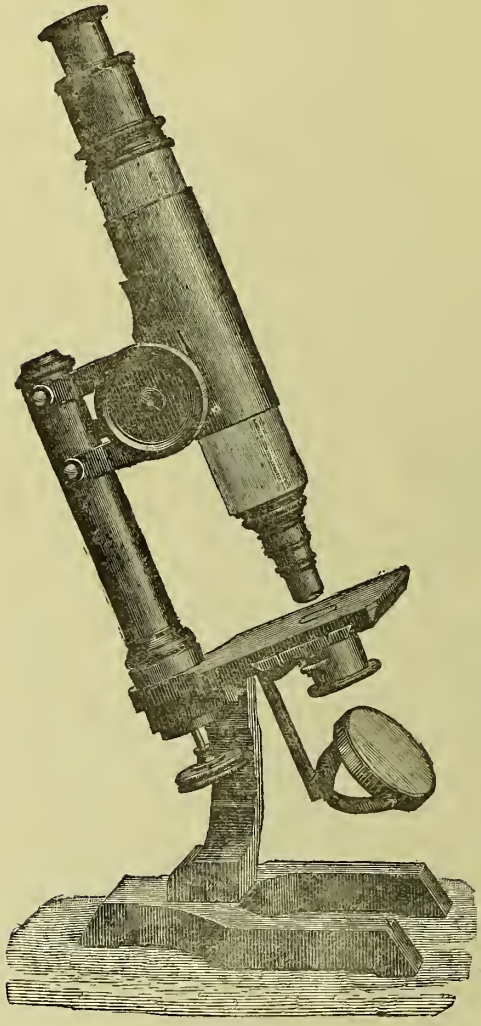


Fig. 153.

Le microscope n° 4 (fig. 153) à platine ordinaire, peut s'incliner et est muni des mouvements prompt et lent. L'éclairage est formé de deux miroirs plan et concave. Sous la platine s'engage un système de diaphragmes à tube glissant dans des coulisses.

Un condenseur Abbe, un revolver pour 3 objectifs, les objectifs I, III, V ordinaires et 1/12 à immersion homogène de 1.30 d'O. N., les oculaires O, I et III, le dernier à micromètre, des test-objets, porte-objets, etc. sont les accessoires qui accompagnent ordinairement cet instrument. Ainsi composé, le stativ n° 4 donne un grossissement de 30 à 1090 diamètres et coûte frs. 603.75.

La même maison possède encore un nombre considérable d'autres modèles. L'un d'eux le n° 5 (fig. 154) que nous avons examiné à loisir, mérite tout éloge et est remarquable par son bon marché. Muni des objectifs nos I. III. V. et VII*b* des oculaires nos O. I et III à micromètre (permettant des grossissements de 30 à 1500 fois) et muni des petits objets usuels, il coûte 315 francs.

La monture est du genre des microscopes à pied en fer à cheval. La platine est fort basse. Le tube est sans tirage ; il se meut à

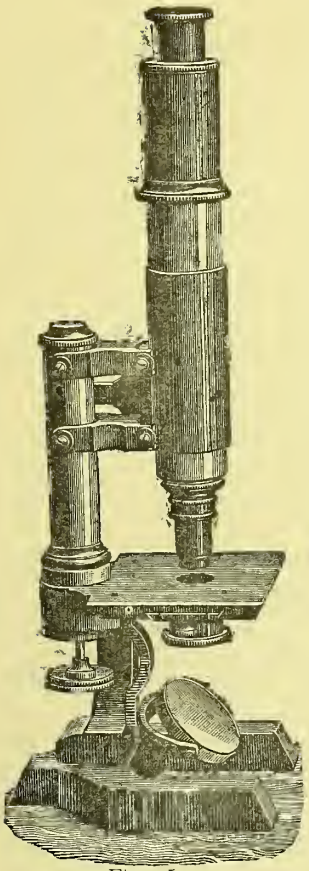


Fig. 154.

frottement dans un tube épais, intérieurement revêtu de drap dans une certaine portion de sa longueur. La vis du mouvement lent est placé sous la platine, et ce mouvement lent diffère complètement de ceux que nous voyons habituellement.

En effet, le tube extérieur du mouvement prompt est terminé latéralement par une pièce carrée, longue de quelques centimètres, dont le bout s'engage dans un cylindre. Cette pièce est poussée de haut en bas par un ressort et maintenue latéralement par quatre bras solides qui se meuvent diagonalement. Le bouton du mouvement lent, se vissant ou se dévissant dans le bas du cylindre fait monter ou descendre le tube du microscope. Ce système est d'une rigidité parfaite, l'objet reste parfaitement immobile pendant la mise à point et les constructeurs assurent que jamais il ne peut ballotter.

Les principaux objectifs fabriqués par MM. W. & H. Seibert sont les suivants.

1. — Objectifs ordinaires.

N° OO	de 2 1/2	pouces,	ouverture	numérique	0.09	. . . .	frs 30
» I	» 1 1/2	»	»	»	0.22	. . . .	» 22.50
» II	» 1/2	pouce,	»	»	0.22	. . . .	» 22.50
» IV	» 1/4	de pouce,	»	»	0.60	. . . .	» 33.75
» V	» 1/7	»	»	»	0.90	. . . .	» 45. »
» VI*b*	» 1/12	»	»	»	0.90	avec correction	» 93.75
» IX	» 1/8	»	»	»	1.30	à immersion homogène	» 150. »
» X	» 1/12	»	»	»	1.30	à immersion homogène	» 250. »

2. — Objectifs apochromatiques.

foyer de	16 mm.	,	ouverture	numérique	0.30	. . . . .	frs 75.
»	8 »	,	»	»	0.60	. . . . .	» 100. »
»	4 »	,	»	»	0.95	à correction	» 150. »
»	3 »	,	»	»	1.30	à immersion homogène	» 400. »

foyer de 3 mm.	,	ouverture numérique	1.40	à immersion	homogène	frs	525.75
» 2 »	,	»	» 1.30	»	»	»	343.75
» 2 »	,	»	» 1.40	»	»	»	468.75
» 1.5 »	,	»	» 1.30	»	»	»	400. »
» 1.5 »	,	»	» 1.40	»	»	»	525. »

Les objectifs de MM. W. & H. Seibert sont d'excellente qualité, nous connaissons leurs apochromatiques de dâte récente mais nous n'avons vu aucun exemplaire de leurs objectifs ordinaires actuels. Nous examinerons donc séparément les deux espèces d'objectifs.

1. – Objectifs achromatiques.

Nos 0 et 1. — Objectifs faibles, fort bons, ayant respectivement 1 3/4 et 1 pouce de foyer.

N° 2. — Excellent objectif de 1/2 pouce de foyer ; il montre passablement le pygidium de la puce. Les détails d'une coupe transversale de *Pinus* sont vus avec une grande netteté, mais il y a quelques faibles traces d'irisation.

N° 3 (1/3 de pouce). — Cet objectif, qui a 38 degrés d'ouverture utile, donne également une très faible bordure rouge à la coupe de *Pinus*. Il montre fort bien le pygidium de la puce.

N° 4 (1/4 de pouce), ouverture utile de 80 degrés. Montre bien le pygidium et résout l'*Hipparchia Janira* dans la lumière centrique de même que le quatrième groupe du test de Nobert.

N° 5 (1/8e de pouce), angle utile de 110 degrés. Résout nettement le sixième groupe de Nobert dans la lumière centrique. Il résout le n° 15 du test de Möller dans la lumière oblique.

N° 6 (1/12e de pouce, à correction). Bon objectif ayant un angle de 124 degrés. Il montre le *Pleurosigma* dans la lumière centrique, et résout très bien le septième groupe de Nobert dans le même éclairage. Dans l'éclairage oblique on voit parfaitement le quinzième numéro de Möller et faiblement le seizième.

N° 7 à immersion et correction (1/16e de pouce). Cet objectif résout fort nettement le huitième groupe de Nobert dans la lumière centrique et l'*Amphipleura* dans la lumière monochromatique.

Comme nous le disons plus haut ces renseignements dâtent d'il y a une douzaine d'années et nous sommes persuadé que les constructeurs ont encore notablement amélioré ces objectifs.

2. — Objectifs apochromatiques.

8 mill. — Nous avons eu l'occasion, il y a un an, de manipuler quelque temps un de ces objectifs qui appartenait à un de nos amis. Nous avons égaré les notes que nous prîmes à cette époque mais nous nous rappelons que les images étaient d'une grande pureté, que le *Pleurosigma* se montrait dans l'éclairage oblique et que les photogrammes, de fibres textiles, pour lesquels nous l'employâmes ne laissaient rien à désirer.

1,5 mill. (1/16e de pouce), à immersion homogène, dâtant du 25 Mai 1891. — Objectif excellent, ayant une distance frontale très notable pour sa longueur focale.

Le *Pleurosigma angulatum* se résout nettement en hexagones dans l'éclairage axial, le pygidium y donne des images très nettes et très pures.

Le *Podura* donne des images très pures et tout-à-fait incolores.

Enfin du test de Nobert on résout nettement le 12e groupe dans l'éclairage axial et très bien le 19e dans l'éclairage oblique.

H. R. SPENCER 515 Rhode Island St. **Buffalo** (N.Y.). — La maison Spencer est renommée depuis très longtemps ; les premiers renseignements sur Spencer remontent à 1848 ; à cette époque les objectifs de cet opticien étaient signalés comme surpassant ceux que l'on construisait en Europe ; peu après, en 1852, Spencer construisit un objectif de 1/12e de pouce ayant 174 1/2 degrés, le premier que l'on réussit avec pareil angle d'ouverture.

La maison Spencer conserve toujours son ancienne réputation. Nous ne connaissons pas les modèles de ces constructeurs ; mais nous pouvons donner tout éloge à leurs objectifs. A différentes époques nous en avons employé d'excellents et nous possédons un des derniers objectifs de Spencer, dâtant d'il y a un an.

Cet objectif qui jouit d'une immense réputation aux Etats-Unis est un 1/10e de pouce d' O.N. 1.37.

L'objectif est monté à correction ; il s'emploie à l'eau dans l'éclairage axial et dans un mélange homogène pour l'éclairage oblique. Ce dernier liquide peut être au besoin de l'essence de cèdre, mais le constructeur préconise un liquide spécial consistant en une solution de chlorure d'étain dans la glycérine.

La construction de cet objectif est toute spéciale et aberrante du type généralement adopté aujourd'hui. Le système optique consiste en une frontale double surmontée d'une seule lentille mobile, très épaisse.

Les images données par l'objectif sont un peu colorées en rouge ce qui dépend probablement de sa construction, mais, sauf ce petit défaut, nous considérons l'objectif comme un des meilleurs de l'époque actuelle et, c'est avec lui que nous avons obtenu quelques uns de nos plus beaux photogrammes.

Dans l'éclairage axial le pygidium et le *Podura* donnent des images très nettes et on résout bien le 12e groupe de Nobert. — Dans l'éclairage oblique le 19e groupe de Nobert se montre bien et on obtient facilement, par l'éclairage électrique aussi bien que par l'éclairage solaire, la résolution en perles de l'*Amphipleura*.

JAMES SWIFT & SON (81 Tottenham court Road **Londres)** est un constructeur connu mais qui semble actuellement s'adonner plus spécialement à la fabrication des objectifs de photographie.

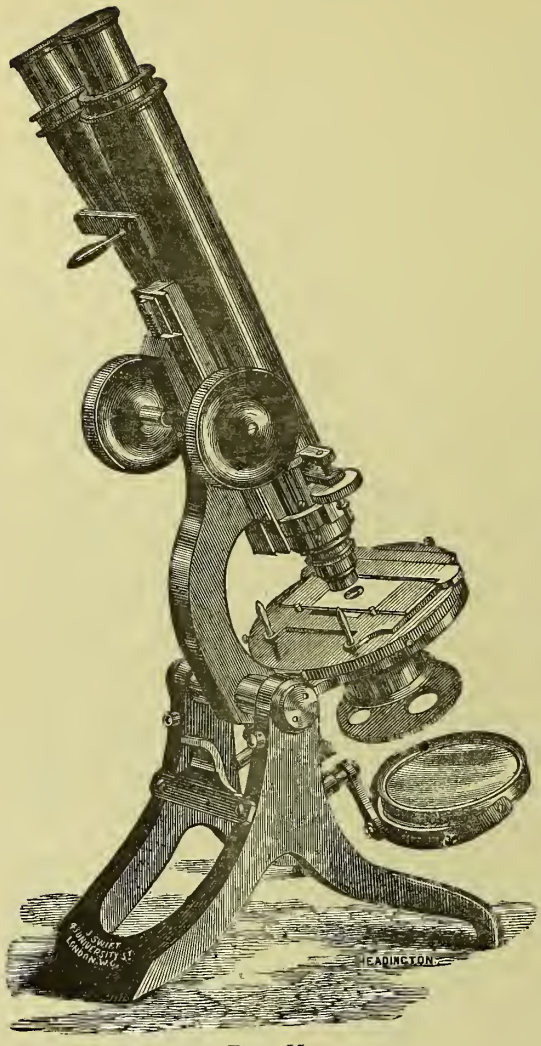


Fig. 155.

Les modèles de MM. Swift sont nombreux, d'après les feuillets détachés (ces Messieurs n'ayant pas en ce moment de catalogue de microscopie) les montures les plus intéressantes sont les suivantes :

Le CHALLENGE MICROSCOPE très analogue au *Scientist* de MM. Watson (voir plus loin) et dont il diffère surtout et par le mouvement lent qui est de forme spéciale et par la platine. Le prix de cet instrument est de £ 20.16 soit frs 520.

Un modèle plus simple, le *Challenge A* (fig. 155) ne coûte que £ 15,8; mais le système d'éclairage est, à notre avis, trop rudimentaire pour un instrument de travail sérieux. Il faut y joindre le substage que les constructeurs y ajoutent moyennant un supplément de £ 2.6.

Notons encore le microscope de voyage.

Ce microscope, comme son nom le fait présumer, est construit dans le but d'occuper le plus petit espace possible ; il a une platine pouvant se replier, un mouvement rapide par glissement du tube, un mouvement lent renfermé dans la partie du trépied qui le porte, un oculaire et un objectif de 1 pouce (fig. 156 et 157). Il peut se renfermer dans une boîte de 15 centimètres de long, 7 centimètres de large et 5 centimètres de profondeur. Le prix de ce microscope est de 85 francs.

Mentionnons enfin le petit microscope de poche représenté ci-dessous (fig. 158 et 159), qui peut facilement être porté dans la poche, car

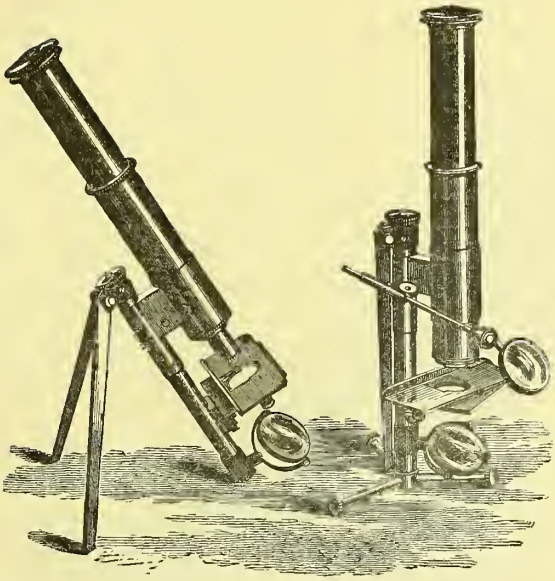


Fig. 156. Fig. 157.

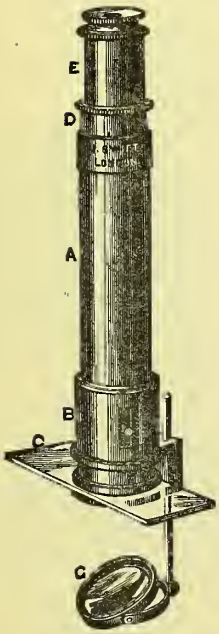


Fig. 158. Fig. 159.

quand il est fermé, l'appareil n'a que 7 centimètres de longueur sur 2 centimètres de diamètre. L'une de nos figures représente le microscope fermé et l'autre l'instrument prêt à être employé. La préparation C est maintenue par un petit tube B contenant un ressort à boudin. Le mouvement rapide s'obtient par le tube D, et le mouvement lent par le tube porte oculaire E. Le microscope muni d'un oculaire et d'un objectif de 1 pouce et un de 1/5e de pouce, coûte 125 frs.

N'ayant pas vu d'objectifs récents de ce constructeur nous ne pouvons donner d'appréciation à leur sujet. Ceux que nous avons examiné en 1878 étaient bons et nous renvoyons à leur sujet à la 3e édition, page 172 de cet ouvrage.

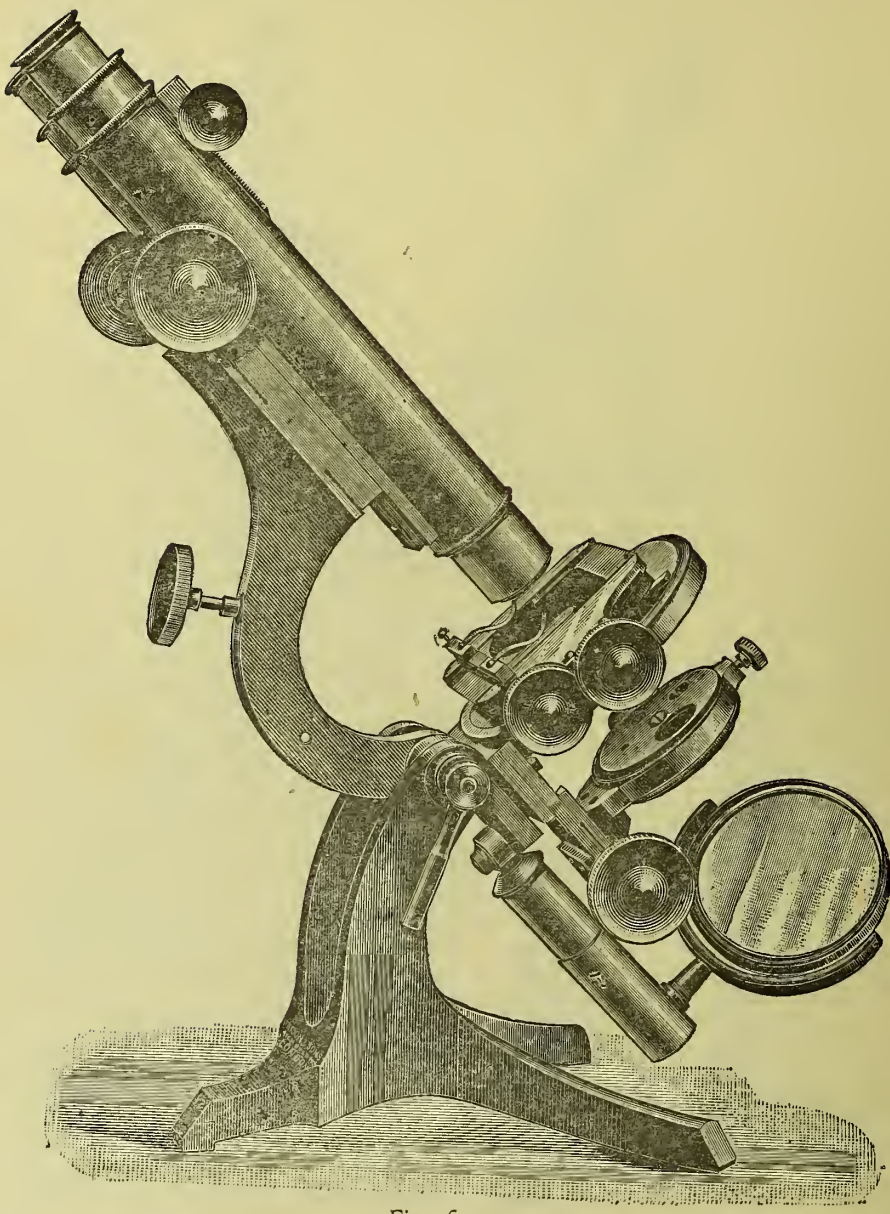


Fig. 160.

WATSON & SONS (313 High Holborn, **Londres**). La maison Watson n'a commencé la construction sérieuse du microscope qu'il y a un petit nombre d'années, mais elle a, dans cette voie, marché d'un pas rapide et assuré et aujourd'hui déjà elle atteint son numéro 3000.

Cette maison a un nombre assez élevé de modèles, nous ne décrirons que les plus importants.

Le SWINGING SUBSTAGE MICROSCOPE est du genre Zentmayer. L'instrument est porté par deux colonnes fixées sur une plaque rotatoire graduée, qui, elle même, repose sur un pied à trois branches.

La platine est excessivement mince, formée d'une plaque munie d'un mouvement rotatoire, sur laquelle repose une deuxième plaque très mince, à qui sont dévolus les mouvements transversal et horizontal qui s'effectuent par deux boutons superposés et agissant sur le même axe.

Le mouvement prompt est donné par une crémaillière à dents obliques et le mouvement lent est produit par un levier qui communique au tube un mouvement très doux et très précis. Ce tube est binoculaire et porte le prisme de Wenham qui peut être enlevé à volonté pour servir comme microscope monoculaire.

Le substage peut décrire un cercle presque complet autour de la platine qui forme le centre de tous les mouvements du microscope. Une graduation permet de se rendre compte de l'obliquité employée.

Le prix de cet instrument muni du tube binoculaire n'est que de £ 25.

Le SCIENTIST'S MICROSCOPE (fig. 160) est un instrument porté sur un pied massif à deux branches entre lesquelles il est suspendu. Le miroir peut être incliné sous tous les angles et le substage qui peut être centré peut s'écarter de l'axe de l'instrument.

La platine est à chariot formé de plaques superposées.

Le mouvement prompt est donné par une crémaillière à dents inclinées, le mouvement lent est à levier très sensible.

Le tube est binoculaire.

L'appareil coûte de 17 à 22 £ d'après son degré d'achèvement.

Le MICROSCOPE D'EDIMBOURG (fig. 161) est un instrument dont MM. Watson & Sons ont déjà fourni des exemplaires en nombre considérable et dont ils ont plusieurs modèles plus ou moins parfaits.

L'un de ces modèles, que l'on peut considérer comme le moyen modèle, est désigné sous le nom de STAND C.

Le pied est en fer-à-cheval ; le microscope est porté par une colonne et peut s'incliner.

Le miroir peut s'obliquer sur le côté et en avant.

Le substage peut monter et descendre et les vis de réglage permettent de centrer les condenseurs.

Le tube est mu par une crémaillière inclinée et le mouvement lent est à levier très précis.

Le prix de cette monture n'est que de £ 6 ou frs 150.

Mais l'instrument le plus précis de ces fabricants, nous dirons

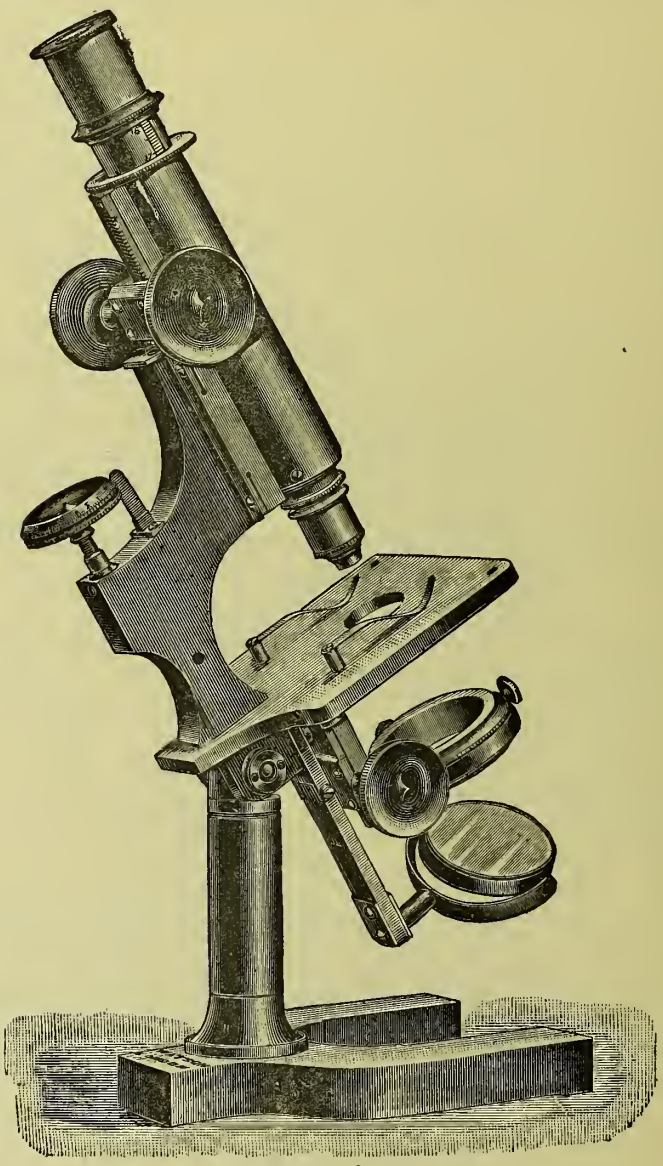


Fig. 161.

même un des plus précis et des plus commodes qui existent actuellement, est celui auquel les constructeurs donnent le nom de **Microscope du Dr Henri Van Heurck pour étude et Photographie des Diatomées et pour toutes recherches délicates.**

Dans ce microscope (fig. 162) que MM. Watson and Sons ont eu l'obligeance de construire d'après nos indications, nous avons essayé de combiner la commodité pour le travail journalier, en même temps que toute la précision possible et un prix relativement peu élevé.

MM. Watson ont admirablement saisi toutes les indications que nous leur avons données et l'instrument qui est sorti de leurs ateliers peut être, à juste titre, considéré, comme on le verra plus loin, comme un instrument parfait et réalisant, dans divers points, un degré de perfection qui n'avait point encore été atteint jusqu'ici.

Le pied de l'appareil est en fer à cheval bronzé, il est inférieurement creusé sur ses trois points extrêmes et les cavités ont été remplies par de petits blocs de liège légèrement saillants. Ce liège a pour effet d'amortir les vibrations qui pourraient être communiquées à l'instrument par la table qui le supporte, de même que d'éviter le glissement de l'instrument et les égratignures que les angles du pied pourraient produire sur une table polie.

Une colonne de cuivre, bien robuste et articulée à sa partie supérieure, pour permettre l'inclinaison de l'instrument, supporte tout le microscope. Une vis de pression permet de fixer l'instrument dans toutes les inclinaisons, mais l'instrument est si bien balancé que cette vis est quasi superflue.

Afin de réduire les vibrations au minimum, toutes les pièces de l'instrument ont été faites comme si elles appartenaient à un corps solide. Le support, qui porte la platine, est fait d'une seule pièce coulée, et se prolonge jusque dans l'articulation du sommet de la colonne ; de même, le support du tube s'emboite dans le support de la platine et y est fixé par six vis, ce qui lui donne la même rigidité que si le tout ensemble était coulé d'un seul bloc. Les deux pièces emboitées sont en outre traversées par l'écrou de serrage pour l'inclinaison.

La platine peut tourner sur son axe ; au lieu des petites plaques, à simple frottement doux, par lesquelles on assure inférieurement le maintien de la plaque rotatoire, il y a ici trois plaques à double ressort. De là résulte une rotation très douce, en même temps que le maintien parfait dans toutes les positions et cela sans avoir besoin de passer par un engrenage qui généralement donne de petits chocs après une certain temps d'emploi.

Deux plaques superposées, d'après le système des anciens Stands Ross, commandées par des boutons latéraux, transmettent les mouvements

horizontal et vertical à la préparation. Celle-ci se dépose sur une barette mobile munie d'un butoir fixe et peut être immobilisée par un petit bouton.

On peut, pour le travail ordinaire, remplacer la barette par une plaque fixe, munie de deux valets.

Les mouvements horizontal et vertical ont une étendue de 25 millimètres ; des échelles divisées permettent, à l'aide de verniers, de lire les dixièmes de millimètre des mouvements.

Le support du corps renferme le mouvement lent et porte antérieurement le tube qui, aussi bien pour le mouvement prompt que pour le mouvement lent, se meut entre des guides, qui, au besoin, peuvent être relachés ou resserrés.

A la partie supérieure du porte-tube se trouve un bouton qui, s'ajustant dans un petit support à vis calantes, permet d'immobiliser parfaitement tout l'instrument dans la position horizontale lorsqu'il s'agit de photographier dans cette position. — Quant à nous, nous l'employons rarement, nous préférons infiniment la position verticale comme nous l'indiquons dans le chapitre « *Photomicrographie* » de cet ouvrage.

Le mouvement lent est d'une délicatesse exquise et d'une précision qui dépasse celle de tous les microscopes de notre collection. Chacun des tours du bouton du mouvement lent correspond à $^1/_{13^e}$ de mill.; comme l'ajustement est parfait on peut, dans certains cas, apprécier jusqu'à un centième de tour, soit $^1/_{1300^e}$ de millim. Par suite du mécanisme le mouvement lent agit en sens inverse de celui des microscopes continentaux et nous avons, en conséquence, fait marquer, sur la tête du bouton, deux flèches en directions opposées, portant à leur tête les lettres M et D, indiquant le sens où il faut tourner pour faire Monter ou Descendre le tube.

Le tube est à tirage ; entièrement fermé il a une longueur de 160 millim. soit donc celle nécessaire pour l'emploi des objectifs continentaux. Tout tiré, il a 260 millim. et on peut alors l'employer pour les apochromatiques pour tube anglais. Le tube est plus étroit dans la partie tout à fait supérieure, ce qui a permis de le noircir jusqu'à la moitié de la longueur de l'oculaire, afin d'éviter absolument tout reflet intérieur, cause si souvent d'ennuis dans la photomicrographie. Peut être vaudrait il encore mieux de le tapisser de velours noir.

Inférieurement le tube de tirage porte le pas de vis anglais, afin de pouvoir être employé avec l'apertomètre d'Abbe, etc.

Le miroir est porté par une tige pouvant se mouvoir latéralement ; il peut aussi, dans une certaine mesure, monter et descendre.

Venons en maintenant au substage que nous avons à dessein réservé

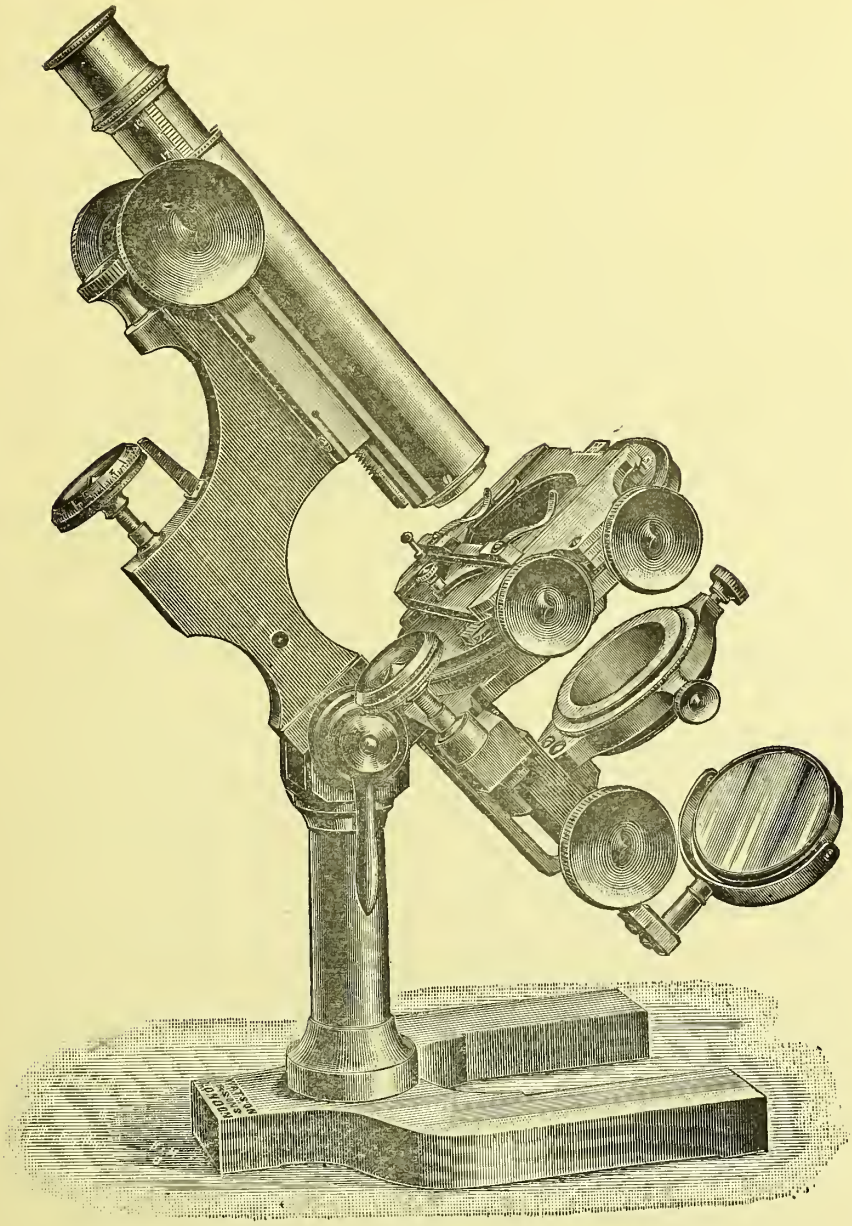


Fig. 162.

pour la fin, car nous avons à signaler ici des perfectionnements qui n'existent encore dans aucun autre microscope.

Le condenseur peut être centré, cela va sans dire, il peut monter ou descendre à l'aide d'une crémaillière, mais il possède en outre un mouvement lent d'une grande délicatesse. Jusqu'ici, dans les rares microscopes, où le parfait ajustement du condenseur (ajustement si nécessaire dans certains cas et non assez apprécié encore), jusqu'ici, disons nous, cet ajustement avait été simplement effectué par une vis, ce qui donnait un mouvement peu lent et une perte, de temps, dans les changements de direction.

Ici, le mouvement lent est produit par un levier comme dans le mouvement lent du tube et le bouton de ce mouvement se trouve placé au dessus de la platine et tout près du mouvement lent du tube. On peut ainsi obtenir une précision très grande et ajuster les deux mouvements lents à l'aide d'une seule main.

L'ajustement du condenseur tel que nous l'avons fait disposer (et que nous employons depuis plusieurs mois pour tous nos microscopes) présente, croyons-nous, des avantages réels. Cet ajustement se compose d'un diaphragme-Iris surmonté du porte-lentilles. Entre ces deux pièces glisse une plaque pouvant être retirée à volonté et portant au centre un anneau pouvant tourner sur son axe et destiné à recevoir les diaphragmes.

Le porte-lentilles peut recevoir les divers condenseurs Abbe, le condenseur achromatique de MM. Zeiss et aussi les pièces permettant l'emploi de tous les excellents condenseurs de MM. Powell & Lealand. On voit donc que la partie mécanique, qui permet tous les éclairages central et obliques desirés, reste invariable, mais peut recevoir toutes les parties optiques possibles.

En somme, nous avons fait réunir dans cet instrument toutes les conditions de perfection que nous ont appris une longue expérience du travail au microscope et MM. Watson and Sons ont réalisé tous nos désiderata avec un soin et une précision que nous n'osions même espérer. Si nous ajoutons que cet appareil si parfait ne coûte que 400 frs et par conséquent moins que les grandes montures du continent, on admettra, croyons-nous, volontiers, que les constructeurs ont rendu un véritable service aux travailleurs sérieux par l'établissement de ce modèle.

Nous ne pouvons en ce moment dire grand chose des objectifs de ces constructeurs, MM. Watson & Sons ayant abandonné entièrement leurs anciennes formules de construction et la nouvelle série n'étant pas encore prête à l'exception du 1 pouce de du $^1/_{6^e}$ de pouce.

Le 1 pouce est excellent. Les images des objets histologiques

sont excessivement pures et bien définies et l'objectif supporte des oculaires très forts sans déformation.

Le 1/6e de pouce est un très bon objectif pour tout travail courant. Il résout convenablement le *Pleurosigma* dans l'éclairage oblique, a une distance frontale notable et les images que donne cet objectif sont excessivement brillantes et bien définies. Pour le travail histologique l'objectif ne laisse rien à désirer.

CARL ZEISS (Carl Zeiss Strasse, **Iena**). La maison fondée par feu le Docteur Carl Zeiss est aujourd'hui la plus importante du monde.

Le Dr Abbe, professeur à l'Université et associé de la maison en est aujourd'hui le Directeur, et ce savant qui est aussi la plus haute personnalité de l'optique scientifique contemporaine a, sous son habile direction, fait faire de telles améliorations à la construction des objectifs que l'on peut croire que les progrès — compatibles avec l'emploi usuel du microscope — qui sont encore réalisables ne sont plus que minimes.

Les modèles de la maison Zeiss sont au nombre de neuf. Nous décrirons les principaux.

Le STATIV Ia (fig. 163) est le plus parfait de ces modèles.

La mise-au-point approchée se fait par une crémaillière inclinée très précise, le mouvement lent très précis a déjà été décrit ci-devant.

Le tube de tirage est divisé en millim. La platine est munie d'une plaque tournante en ébonite et peut être centrée sur son axe à l'aide de deux vis latérales qui agissent en sens inverse d'un ressort caché dans l'épaisseur de la platine. Cette même platine peut, en un instant, être enlevée et remplacée par le chariot.

L'appareil d'éclairage consiste en un condenseur d'Abbe de 1.4 O.N. et d'un diaphragme-Iris muni d'un mouvement excentrique. Le tout peut monter ou descendre dans l'axe de l'instrument.

L'instrument peut s'incliner et être fixé dans toutes les positions à l'aide d'un levier de serrage.

Le prix de cette monture est de 500 frs. avec le chariot et de frs. 375 quand on ne prend pas ce dernier.

Le Stativ pour la Photomicrographie est très analogue au précédent (fig. 164).

Il en diffère surtout par le tube qui est beaucoup plus large et par la platine qui est à chariot à mouvements excessivement lents. La plaque supérieure de la platine est rotative.

De même que dans l'instrument précédent les mouvements du chariot sont repérés par des verniers donnant le dixième de millimètre.

Le microscope muni du condenseur achromatique spécial, qui est indispensable pour la photographie (celle des diatomées exceptée qui peut se faire avec le condenseur Abbe non achromatique) se vend frs. 531.25.

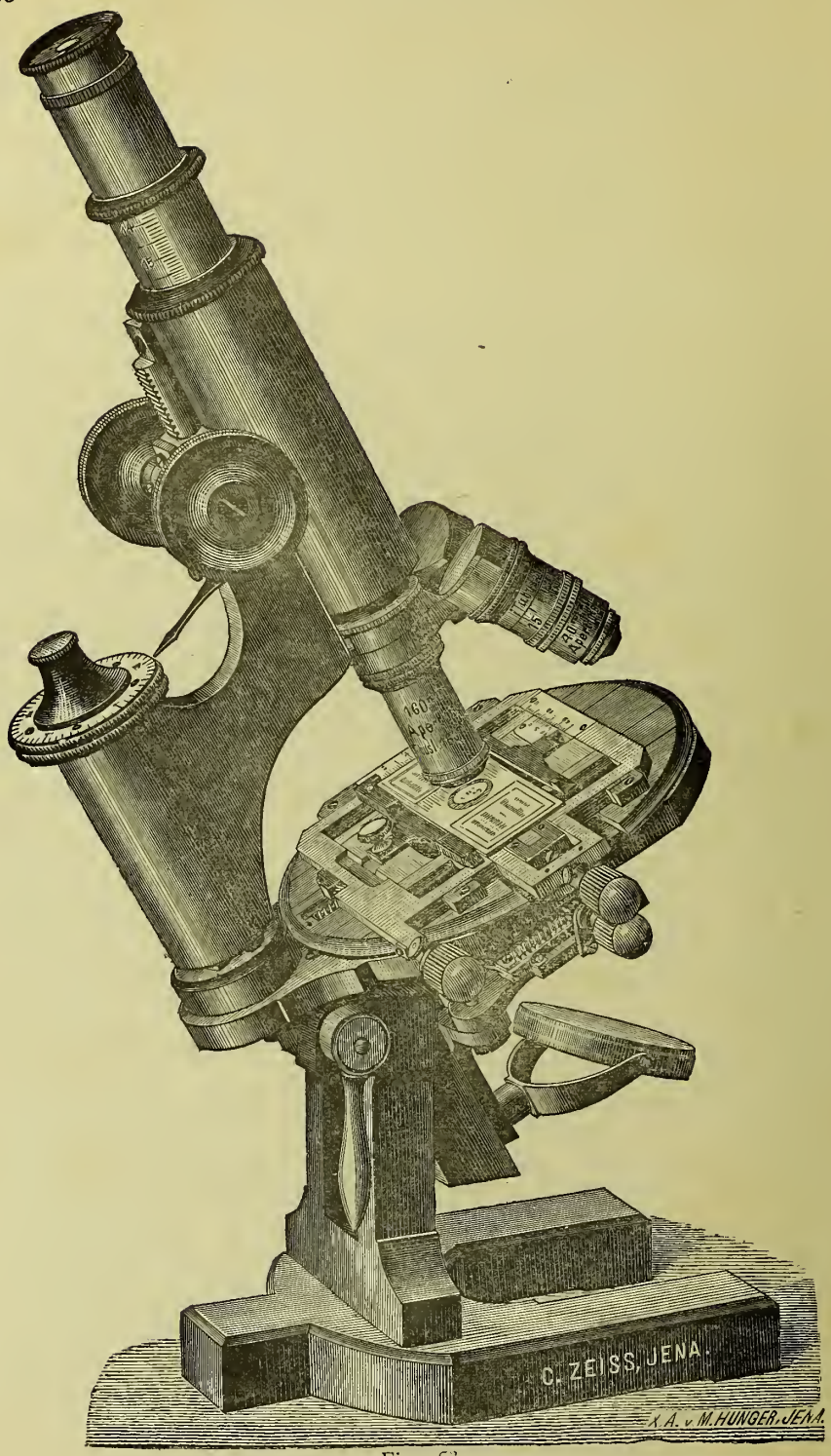


Fig. 163.

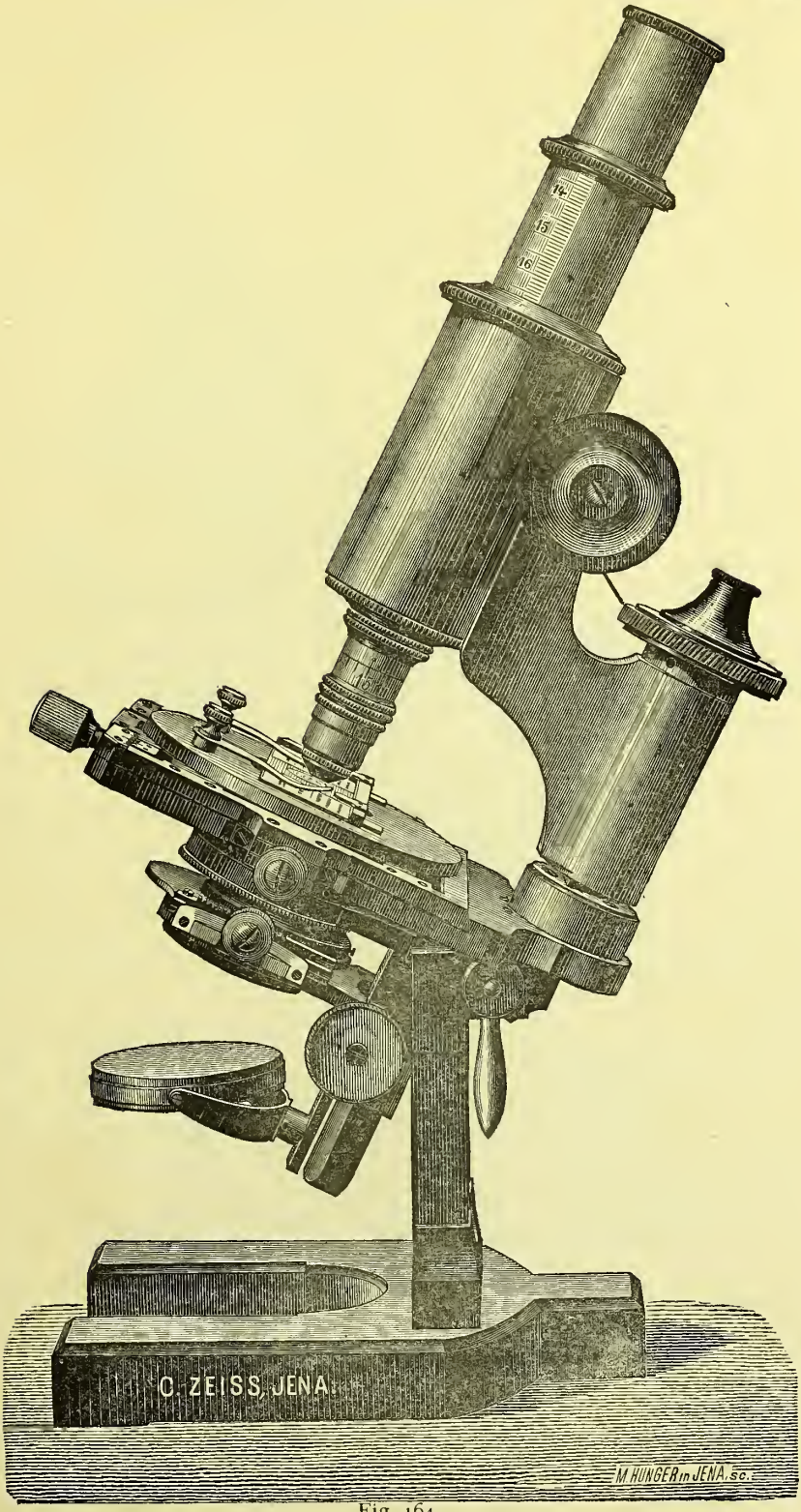


Fig. 164.

A côté de ces grands statifs spéciaux la firme Carl Zeiss en présente d'autres plus à la portée du modeste travailleur.

C'est ainsi que les statifs II[a] et IV[1] sont encore des instruments parfaits et suffisant à toutes les recherches.

Le Statif II[a] (fig. 165) a les mises-à-point approchée et exacte comme les modèles précédents.

La platine est munie d'une platine tournante en ébonite qui peut être centrée comme dans le Statif I[a].

L'appareil d'éclairage est aussi parfait que dans les montures précédentes, mais l'ensemble ne peut pas monter ou descendre par une crémaillière.

Le prix de cette monture est de frs. 362.

Le statif IV[1] (fig. 166) diffère du précédent en ce que la platine est fixe et dépourvue de la plaque rotative. L'appareil d'éclairage peut par contre monter et descendre, mais le condenseur Abbe n'a que 1.2 d'O. N.

Le prix de cette monture, y compris le diaphragme-Iris, n'est que de frs. 268.

Le modèle VI (fig. 167) qui ne coûte que frs. 81 est encore suffisant pour toutes les observations courantes et qui ne demandent pas l'extrême précision que l'on exige aujourd'hui. La monture représente le bon type du microscope usuel qui était, il y a vingt ans employé par la plupart des micrographes du continent.

Le tube est à tirage ; la mise-à-point superficielle se fait par glissement et le mouvement lent est très précis.

La platine est fixe et porte inférieurement une bague où le porte-diaphragme s'adapte par une baïonnette ; le tout peut s'enlever pour l'éclairage oblique.

Le miroir, plan d'un côté, concave de l'autre, est porté par une tige articulée permettant l'éclairage oblique dans toutes les positions.

L'instrument peut aussi s'incliner sous tous les angles désirés jusqu'à l'horizontalité.

Examinons maintenant les principaux objectifs de cette maison. Comme nous l'avons déjà dit, les types courants sont excellents et la série apochromatique présente des numéros dont la perfection n'a encore été atteinte par aucune autre.

Voyons d'abord la série courante et examinons les objectifs A, CC, D, DD et F que nous connaissons par un long usage.

Tous donnent une image parfaitement nette et définie du pygidium de la puce et de la coupe de *Pinus ;* tous, également, ont une distance frontale relativement grande et très commode pour les travaux. Voici les résultats, quant à la puissance résolvante, que nous ont donnés les objectifs examinés ; notons que ces recherches ont été

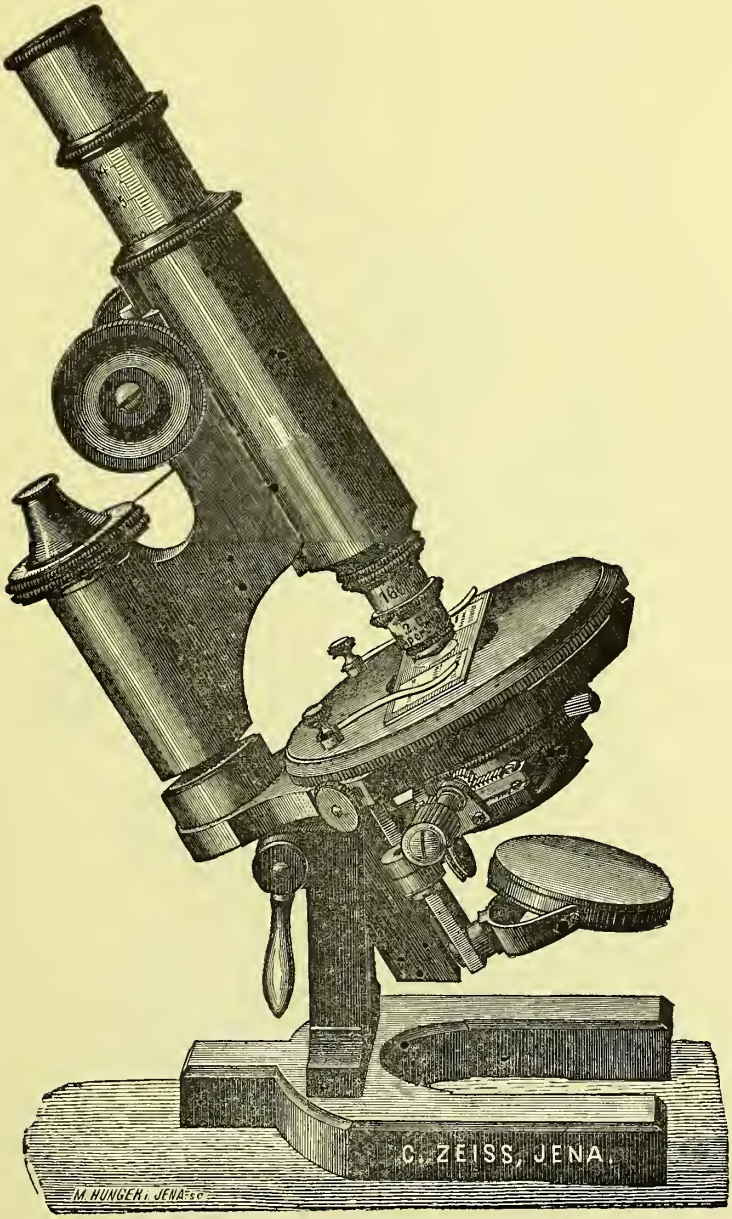


Fig. 165.

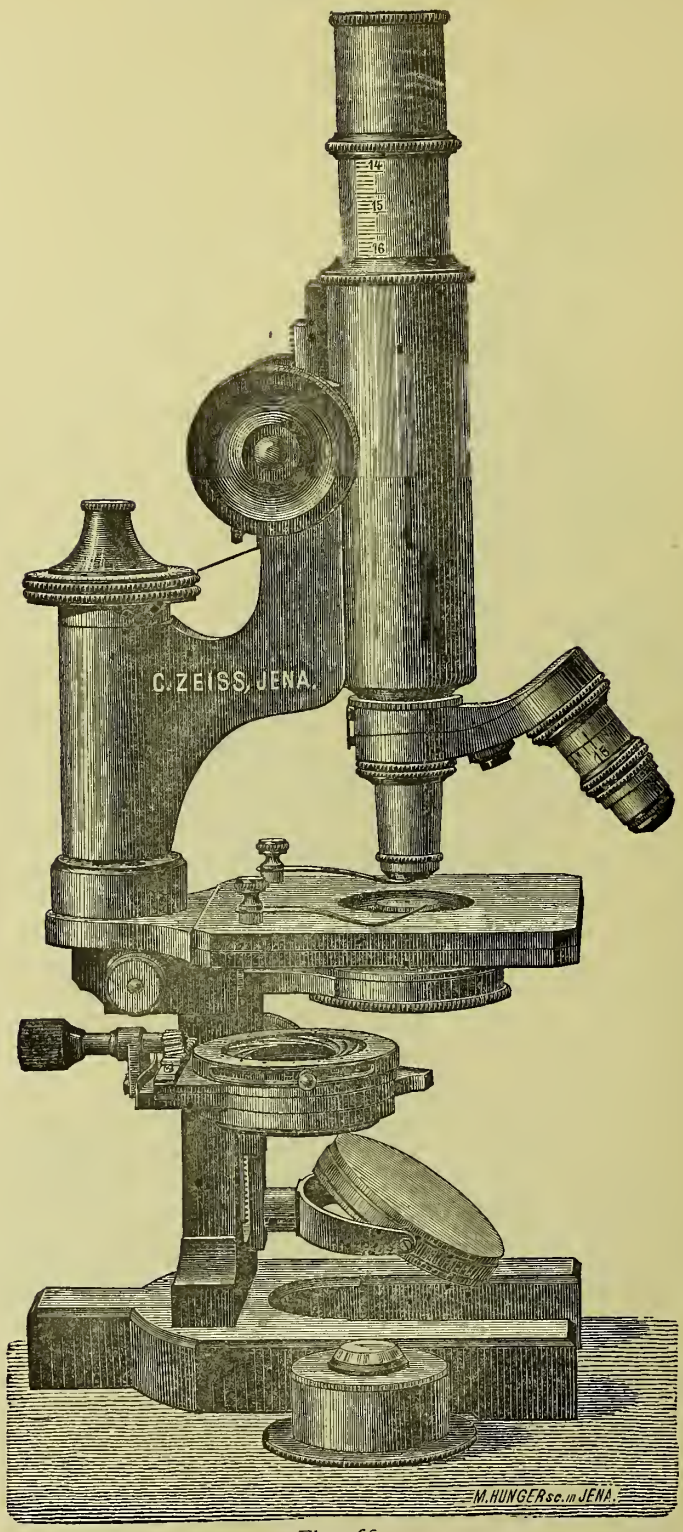


Fig. 166.

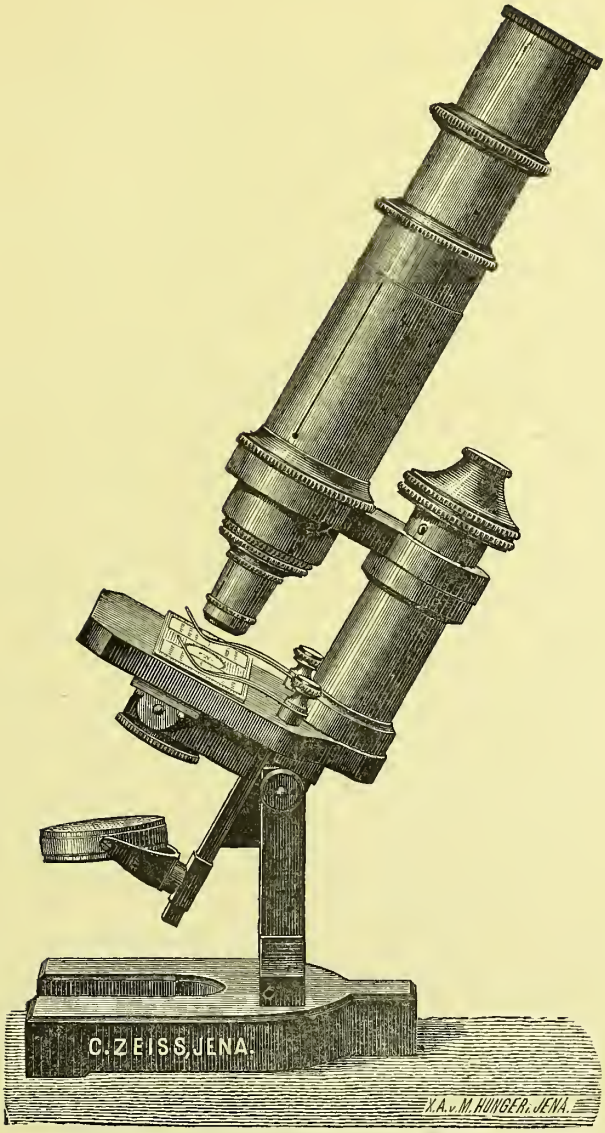


Fig. 167.

faites à la lampe, le microscope étant muni du condenseur de M. Abbe.

CC (objectif de 1/4 de pouce), angle d'ouverture 90°. Dans la lumière parfaitement centrique on résout faiblement le sixième groupe de Nobert de même que le n° 8 de Möller. Dans la lumière oblique le n° 11 du même test se voit parfaitement.

D ($^1/_{6^e}$ de pouce, ouverture 0,65). Nous ne pouvons donner assez d'éloges à cet objectif: depuis que nous le possédons, nous l'employons journellement et nous le préférons pour les observations courantes à tous nos autres objectifs d'égal grossissement. La netteté des images est très grande et la distance frontale est telle que nous pouvons encore, dans les observations faites à la hâte, nous dispenser de l'emploi d'un couvre-objet. Dans la lumière centrique l'objectif résout très bien le cinquième groupe de Nobert, de même que le n° 8 de Möller. Dans la lumière oblique on voit très bien le n° 11 du même test (*Pleurosigma* dans le baume).

F ($^1/_{14^e}$ de pouce, ouverture 0,9). Cet objectif, qui est excellent et jouit à juste titre d'une grande réputation parmi les micrographes, résout assez bien, dans la lumière centrique, le septième groupe de Nobert de même que le n° 10 de Möller. Dans la lumière oblique le même objectif résout les dix-sept premiers numéros de Möller, c'est-à-dire tous les numéros de ce test qui sont résolubles par l'éclairage non monochromatique.

Série apochromatique. Nous nous sommes déjà longuement étendu page 47 sur les objectifs apochromatiques dont nous devons l'introduction dans la technique à M. le Prof. E. Abbe. Nous n'avons donc qu'à dire quelques mots sur les principaux types de cette série.

Objectif 24 *millim.* (1 pouce) O. N. 0.30, uniquement pour tube anglais. Excellent objectif surtout pour les travaux de photographie devant être faits à un faible grossissement. Les images sont excessivement pures, nettes et lumineuses : Il convient très bien pour les travaux d'histologie végétale, mais pour les diatomées son O. N. est trop faible.

Objectif de 8 *mm.* (1/3 de pouce) O. N. 0,6, uniquement pour le tube continental. Très bel objectif permettant la résolution du *Pleurosigma* avec une distance frontale très grande.

8 *millimètres* (1/4 de pouce) et 4 *mill.* ($1/6^e$ pouce) de tous deux à O.N. de 0.95 ; le premier exclusivement pour tube anglais, le 2e pour tube continental.

Ces deux objectifs représentent les types apochromatiques pour le travail courant.

L'image du pygidium de la puce est admirablement nette et pure. Le *Pleurosigma* se résout avec une grande facilité.

Ce sont ces deux objectifs que nous employons journellement, pour l'étude courante des diatomées dans les travaux de détermination, avec les oculaires appropriés 12 et 8, on obtient un grossissement de 500 diamètres qui suffit amplement pour tout ce qui n'est pas recherche de structure de la valve.

Pour les travaux histologiques ces objectifs suffisent amplement à tous les travaux courants.

2.5 *mill.* (1/10e de pouce) à immersion dans l'eau, O. N. 1,30.

Le pygidium et le *Podura* donnent des images très belles et le bacille de la Tuberculose est nettement défini.

Dans l'éclairage axial on voit assez bien le 12e groupe du test de Nobert et le *Pleurosigma* donne des perles nettes et bien noires. Dans l'éclairage oblique on résout très purement l'*Amphipleura* préparé dans le médium 2,4 ; à sec le même test est assez bien résolu.

Objectif 3 *mill.* (1/8e de pouce) O. N. de 1. 4. à immersion homogène.

D'après nos observations, prolongées depuis six ans, cet objectif est le plus beau qui existe actuellement ; nous ne connaissons aucun autre qui l'égale complètement.

Les images du pygidium et du *Podura* sont d'une pureté parfaite; les bacilles ont des contours excessivement nets ; l'*Amphipleura* se résout nettement en perles, et l'image de résolution en stries est parfaite et également pure sur toute l'étendue de la valve. Même sous une grande obliquité l'image reste plane, et il n'y a pas la moindre déformation de la valve.

Dans l'éclairage axial le 12e groupe de Nobert se montre parfaitement et dans l'éclairage oblique on résout sans peine le 19e. La distance frontale de cet objectif, malgré sa grande O. N., est considérable.

Objectif 2.5 mm., d'ouverture numérique 1.6. Cet objectif est le premier de la nouvelle série commencée par M. Zeiss. Il sera probablement encore suivi d'un ou deux autres numéros.

Actuellement c'est l'objectif le plus résolvant qu'on ait encore obtenu malheureusement son emploi est difficile et son prix excessivement élevé, il en résulte qu'il est peu pratique pour les travaux courants. Son véritable emploi est donc pour l'élucidation de détails qu'on ne peut obtenir par les objectifs les plus parfaits construits jusqu'ici.

Examinons plus en détail cette admirable pièce.

L'objectif est de 1/10e de pouce et il est apochromatique; cela va sans dire.

Son ouverture numérique est de 1.63, et sa construction est telle que cette énorme ouverture peut être utilisée en entier.

Toutefois, pour cela, il faut des conditions spéciales, à savoir :

1° Un couvre-objet d'un indice de réfraction élevé et ayant au moins 1.6;

2° L'objet doit être plongé dans un milieu qui ait également *au moins* un indice de 1.6 ;

3° Enfin, si l'on veut utiliser toute l'ouverture *dans la lumière oblique* (c'est-à-dire si l'on veut que l'objectif donne dans cet éclairage tout ce qu'il est capable de résoudre) il faut que le slide soit également en flint d'au moins 1.6 d'indice de réfraction.

Toutes ces conditions ont été réalisées par MM. Zeiss qui ont, en outre, construit un oculaire spécial, qui enlève les dernières traces de

coloration et un condenseur à lentille supérieure en flint, qui facilite l'obtention de l'éclairage ultra-oblique que l'objectif peut donner.

L'objectif est formé de cinq lentilles qui se superposent dans l'ordre suivant :

1° Une lentille frontale simple, plus que demi-sphérique, en flint ayant un indice de réfraction de 1.72 ;

2° Une lentille achromatique formée de deux lentilles simples ;

3° Une lentille simple en crown ;

4° Une lentille achromatique à 3 verres ;

5° Une lentille achromatique correctrice formée de deux verres.

Dans trois de ces lentilles le crown est remplacé par la fluorite.

Le liquide que l'on emploie pour l'immersion est le monobromure de Naphtaline dont l'indice est 1.65.

Pour faciliter la résolution des tests, on a construit le slide et le cover en flint de même indice que la lentille frontale, c'est-à-dire de 1.72.

D'après les formules de M. le prof. Abbe, un objectif de 1,63 peut résoudre :

1° Dans l'éclairage axial du jour..... 3000 lignes au millimètre.

2° Dans l'éclairage oblique..... 6000 » » »

En employent l'objectif pour la photographie, on peut résoudre de 5000 à 10 000 lignes ; la résolution dépend ici naturellement de la partie du spectre pour laquelle les plaques employées sont les plus sensibles et pour laquelle partie, la correction sphérique de l'objec-jectif est la plus parfaite.

Voyons maintenant les avantages de la combinaison optique décrite ci-dessus.

Dans la lumière oblique, l'*Amphipleura* montre la valve entièrement résolue en perles, aussi nettement que nous voyons le *Pleurosigma* avec les meilleurs objectifs que nous possédons, et cependant ces perles sont bien plus rapprochées que nous l'avaient fait croire nos résolutions incomplètes antérieures ; les mensurations répétées, que nous venons de faire sur nos photogrammes, montrent que nos *Amphipleura* ont de 3.600 à 3,700 stries transversales et cinq mille stries longitudinales, par millimètre. Il ne faut donc point s'étonner si, antérieurement, nous eûmes tant de difficultés à mettre ces perles en évidence.

Mais ce n'est que pour ces perles que l'objectif exige l'éclairage oblique. Tous les autres tests difficiles, le *Van Heurckia crassinervis*, Bréb. (*Frustulia saxonica*), le *Surirella gemma* et même les stries transversales de l'*Amphipleura* se résolvent dans l'éclairage axial à grand diaphragme.

Ajoutons que dans ces derniers temps, en employant la lumière oxy-hydrique et en mettant l'objectif parfaitement à point dans l'image de la flamme, nous sommes parvenu à résoudre l'*Amphipleura* en perles dans l'éclairage parfaitement axial mais avec grand diaphragme.

Nous possédons même un cliché fait dans ces conditions.

Le temps de pose employé a été malheureusement beaucoup trop court. Les perles, bien visibles à l'œil, sont beaucoup trop faibles pour pouvoir être imprimées sur papier.

Le *Pleurosigma angulatum* donne une image différente de celle que nous étions habitué à voir dans ces derniers temps. L'objectif permet de mettre parfaitement à point le châssis et on ne voit plus des perles rondes mais bien des perles hexagonales.

Les *Van Heurckia*, *Surirella*, *Amphipleura*, etc., montrent des perles carrées avec quelques déviations, ci et là, vers la forme hexagonale.

La luminosité de l'objectif est extrême. Nous avons obtenu de vigoureux clichés des perles de l'*Amphipleura* (2000 diamètres de grossissement, lumière monochromatique solaire) en six minutes, tandis qu'avec les apochromatiques antérieurs, il fallait au moins dix minutes pour 1000 diamètres dans la lumière ultra-oblique.

C'est avec cet objectif qu'ont été faites les photographies de tests qui figurent sur la planche de ce volume.

Le prix de l'objectif est, comme nous l'avons dit, élevé, il est de 1000 francs.

Pour terminer nous donnons ici les prix et les grossissements des objectifs de la maison Carl Zeiss.

1. Objectifs achromatiques.

OBJECTIFS.	OUVERTURE NUMÉRIQUE	GROSSISSEMENTS.					PRIX.
		OCUL. 1	OCUL. 2	OCUL. 3	OCUL. 4	OCUL. 5	
a^1	7		10	15	20		frs. 15
a^2	11		16	23	30		15
a^3	20		30	40	50		15
a^*	4-8		7-14	10-20	15-30		50
aa	25	0,17	35	47	60	77	33,75
A	37	0,20	50	70	90	115	30
B	60	0,35	85	115	145	185	37,50
C	105	0,40	145	200	265	325	45
D	175	0,65	240	325	420	540	52,50
E	280	0,85	390	535	680	865	82,50
F	415	0,90	585	790	1000	1275	105
H à l'eau	320	1.20	440	610	770	985	137,50
J »	430	1,20	585	810	1020	1315	180
1/12 homogène	385	1,20	530	730	925	1180	200
1/12 »	385	1,35	530	730	925	1180	375
Chacun des oculaires coûte frs 8.75.							

2. Objectifs apochromatiques.

OBJECTIFS.	OUVERTURE NUMÉRIQUE	GROSSISSEMENTS. OCULAIRES. 1	2	4	8	12	18	27	PRIX.
*24 mill. (1 pouce)	0,30		21	42	83	125	187	281	175 à sec
16 » (2/3 p.)	0,30	15,5	31	62	125	187	281		125 »
*12 » (1/2 p.)	0,60		42	83	167	250	375	562	212,50 »
8 » (1/3 p.)	0,60	31	62	125	250	375	562		162,50 »
*6 » (1/4 p.)	0,95		83	167	333	500	750	1125	275 »
4 » (1/6e p.)	0,95	62	125	250	500	750	1125		225 »
3 » (1/8e p.)	1,30	83	167	330	667	1000	1500		500 homog.
3 » (1/8e p.)	1,40	83	167	333	667	1000	1500		625 »
2.5 » 1/10e eau)	1,25	100	200	400	800	1200	1800		375 eau
2 mill. (1/12e »)	1,30	125	250	500	1000	1500	2250		500 homog.
2 » (1/12e p.)	1,40	125	250	500	1000	1500	2250		625 »
3. Objectifs apochromatiques nouveaux.									
3 mill. à sec	0,95	83	167	333	498	667	1000	1500	250 frs.
2,5 » monobr.	1,60	100	200	400	600	800	1200	1800	562 »
1,5 » homog.	1,30	167	333	667	1000	1334	2000	3000	1000 »

Les objectifs marqués d'un astérisque (*) se construisent uniquement pour le tube anglais.

Les oculaires compensateurs coûtent

1. pour le tube continental :

	1	2	4	8	12	18
frs.	25	25	25	37,50	37,50	31,25

2. pour le tube anglais :

	2	4	8	12	18	27
frs.	31,25	31,25	43,75	37,50	37,50	31,25

Les oculaires à projection :

pour le tube continental 2 et 4 } frs. 50 pièce.
» » anglais 3 » 6 }

CHAPITRE II

Mesure et reproduction des objets microscopiques.

Photomicrographie.

---

1. — Mesure des objets microscopiques.

Divers moyens sont employés pour mesurer la grandeur des objets vus au microscope ; nous ne parlerons ici que du plus facile et qui est le plus généralement employé, c'est-à-dire de la mensuration par le micromètre oculaire dont nous avons déjà fait mention.

Le constructeur livre généralement, en même temps que le micromètre oculaire, une table indiquant les rapports de l'oculaire, avec les divers systèmes. On peut au besoin construire facilement soi-même une table pareille. Pour ce faire, il ne s'agit que de placer sur la platine un millimètre divisé en cent parties et de voir combien il il faut de divisions du micromètre oculaire (dont les divisions sont des dixièmes de millimètre) pour une division du micromètre objectif.

Si par exemple deux divisions du micromètre objectif (100e de millimètre) correspondent à 12,5 divisions du micromètre oculaire, on aura pour valeur d'une division du micromètre oculaire

$$\frac{0,02}{12,5} = 0,0016 \text{ de millimètre.}$$

Le rapport étant trouvé, il ne s'agit plus, pour calculer la grandeur réelle d'un objet, que de s'assurer du nombre de divisions du micromètre oculaire qu'il occupe, et de multiplier ce nombre par le chiffre qui exprime le rapport de l'oculaire avec l'objectif employé. Ainsi un objet occupant six divisions et le rapport étant 0,002, on aura

$$0,002 \times 6 = 0,012$$

c'est-à-dire que l'objet examiné sera égal à douze millièmes de millimètre.

Quelque simple et facile que soit le petit calcul dont nous venons de parler, il ne laisse pas d'être fastidieux quand on a un très grand nombre de mensurations à faire, comme c'est, par exemple, le cas

dans l'étude des diatomées ; aussi il y a longtemps que nous avons renoncé à ce procédé pour en employer un autre bien plus commode.

L'oculaire que nous avons construit porte une annexe latérale où est logé un petit cadre de cuivre, plus grand que le diaphragme, glissant entre deux rainures et pouvant sortir de son abri à l'aide d'une vis. Dans ce cadre se trouve placée une lame de verre portant des divisions décimales et espacées de telle façon que, avec un objectif de $^1/_{10^e}$ de pouce, chaque petite division corresponde à un millième de millimètre. Les grandes divisions du micromètre égalent donc un centième de millimètre. Par suite de cette division tous les autres objectifs donnent des mesures entières, les petites différences pouvant s'anihiler par le tirage du tube du microscope.

Depuis peu ce système d'oculaire a également été adopté par la maison Zeiss qui construit actuellement un oculaire compensateur n° 6 qui donne également, avec les objectifs apochromatiques, la valeur directe des intervalles. Toutefois nous trouvons la base adoptée par MM. Zeiss pour la valeur des intervalles beaucoup moins commode que la notre.

Par notre système d'oculaire on parvient ainsi, en quelques instants, à faire, sans erreur possible de calcul, une série de mensurations qui prendraient au moins dix fois autant de temps par le procédé ordinaire.

La grandeur des objets microscopiques peut être exprimée de diverses façons. M. Harting a proposé, avec raison, de rejeter le millimètre comme base de mensuration et d'employer comme unité le *millième* de millimètre ($0^{mm},001$) qu'il propose de nommer mikron et de représenter par μ. Un objet mesurant 15 μ aurait donc 15 millièmes de millimètre, ce qui pourrait s'écrire aussi 0,015.

Cette façon de s'exprimer est bien plus rationnelle que de dire par exemple $\frac{3}{293}$ de millimètre, etc., fractions qui ne disent rien à l'esprit, car il faut d'abord, pour se rendre compte de ces valeurs, commencer par en faire la réduction en fractions décimales de l'unité de mesure.

L'expérience nous a démontré que le millième de mill. est une unité beaucoup trop petite pour les diatomées On serait, presque chaque fois, forcé d'annoncer un chiffre considérable et cela sans aucun motif, car la taille de ces êtres est très variable et peut aller du simple au double. Il faut donc ici se servir du centième de millimètre et l'on se trouve dans le même cas que dans les mensurations macroscopiques où l'on est forcé d'employer en même temps le mètre et le centimètre.

2. — Mesure du pouvoir amplifiant.

Mesurer le pouvoir amplifiant d'un microscope est chose très facile. Deux procédés peuvent être employés.

D'abord un micromètre (ou millimètre divisé en 100 parties) étant placé sur la platine, on peut en projeter l'image sur une feuille de papier placée à la distance de 250 millimètres (distance conventionnelle de la vision distincte) de l'oculaire et cela par le secours d'une chambre claire. On trace alors au crayon un certain nombre des lignes projetées sur le papier, dix par exemple. On place ensuite sur la mesure dessinée un double décimètre portant l'indication des millimètres et l'on examine combien de centimètres et de millimètres sont occupés par la division dessinée. Si une division de la mesure dessinée est égale à un centimètre, le micromètre marquant des centièmes de millimètre, le grossissement sera de 1000. Si nous conseillons de dessiner dix divisions, c'est afin d'obtenir une mesure plus exacte en prenant une moyenne.

Il est évident que, dans le cas que nous avons supposé, dix divisions (le grossissement étant de 1000) égaleront un décimètre. Seulement le grand nombre de divisions rendra plus apparentes les fractions de centimètre. L'on pourra ainsi s'assurer facilement que dix divisions occupant 10 centimètres 2 millimètres, le grossissement sera de 1020, tandis que si l'on n'avait pris qu'une seule division, la petite fraction aurait passé inaperçue.

Le second procédé, dit de la double vue, est plus difficile et exige quelque habitude. On pose le papier également à 25 centimètres et l'on regarde de l'œil gauche au microscope, tandis que de l'œil droit on regarde le papier. Il arrive alors que les deux images se confondent et que l'on peut marquer sur le papier les lignes du micromètre qu'on y voit projetées ; pour tout le reste, on agit comme dans le procédé précédent.

Ce moyen exige beaucoup de pratique, mais il présente de grands avantages dans les forts grossissements, alors que le champ du microscope est déjà assez sombre et que l'emploi de la chambre claire, qui enlève encore une partie de la lumière, présente de sérieuses difficultés.

3. — Dessin des objets microscopiques.

Le dessin des objets microscopiques peut se faire aussi par le procédé de la double vue ou au moyen de la chambre claire. Le papier étant placé sur la table, de préférence à 250 mill. de l'oculaire, si cela ne rend pas le dessin trop incommode ou trop fatiguant, on suivra avec un crayon l'image de l'objet projetée sur le papier.

C'est ici surtout qu'il faudra tâtonner pour trouver un éclairage convenable et montrant en même temps distinctement et le crayon et l'image de l'objet. Pour réussir, il faut que le papier et l'objet soient éclairés à peu près uniformément. On y parvient, soit en donnant une position convenable au miroir, soit en assombrissant le papier au moyen d'un écran. L'expérience et l'habitude sont ici les meilleurs maîtres.

Il importe beaucoup de toujours indiquer sur chaque dessin le grossissement employé. Cela est facile, puisqu'il suffit de mesurer une fois pour toutes, à la distance où l'on dessine, le pouvoir amplifiant de l'objectif employé. Ce grossissement est exprimé par une fraction ayant l'amplification pour numérateur et l'unité pour dénominateur, par exemple $\frac{500}{1}$ indiquera un grossissement de 500 diamètres ou de 500 fois l'unité qui est la grandeur réelle de l'objet.

Comme nous le disons plus haut, il n'est pas indispensable qu'entre la chambre claire et le papier il y ait une distance de 250 mill.

Si nous indiquons ce chiffre de préférence, c'est parce que l'on connait ainsi immédiatement le grossissement et que cette distance est celle de la vue normale de la plupart des observateurs. Rien n'empêche de dessiner immédiatement sur la table si on trouve cette distance plus commode comme c'est souvent le cas. La seule chose essentielle c'est de noter toujours exactement le grossissement employé et l'on fait bien encore d'indiquer sur le dessin avec quel objectif celui-ci a été fait. On comprendra, en effet, aisément que le dessin d'un objet délicat fait, à un grossissement donné, avec un objectif apochromatique de 1.4 O. N., aura infiniment plus de valeur que si le même grossissement est obtenu avec un oculaire fort et un objectif faible qui aurait une O. N. de 0,4.

PHOTOMICROGRAPHIE.

Tout ce que l'œil peut voir au microscope peut être reproduit par la glace sensible. Celle-ci reproduit même parfois des détails que l'observateur ne pouvait voir, car, un grand nombre de rayons, les ultra violets, par exemple, que notre œil ne peut plus percevoir, agissent encore sur la plaque sensible photographique.

Dès le moment où la photographie fut trouvée on songea à cet art nouveau pour fixer les images microscopiques. Dès 1844, A. Donné et Léon Foucault publièrent un *Atlas d'anatomie microscopique ;* dessiné d'après des épreuves Dagurriennes.

Bertsch montra, croyons nous, vers 1857, les premières épreuves sur papier. Parmi ces ouvriers de la première heure, la Belgique peut revendiquer M. A. Neyt de Gand, qui fit de la photomicrographie avec Bertsch, et qui, le jour d'aujourd'hui, occupe encore un des premiers rangs parmi les zélés. Le travail publié en 1887 par MM. E. Van Beneden et A. Neyt, sur *l'ascaride megalocéphale* renferme des photogrammes excessivement bien réussis, quoique le tirage à l'encre grasse rende fort mal, comme c'est toujours le cas, l'admirable netteté du cliché. M. A. Neyt s'est aussi occupé de photographie astronomique à une époque où l'on n'y songeait guère encore et il a publié une épreuve de la lune excessivement remarquable.

Nous même, nous faisons figurer à l'Exposition Internationale d'Anvers des clichés faits en 1862.

Parmi les micrographes qui se sont occupés avec succès de photomicrographie il faut, en premier lieu, citer feu le Dr Woodward et le Dr Maddox qui, lui, heureusement n'est pas encore ravi à la science.

MM. Nachet, de Brébisson, le comte de Castracane, Pringle, le Dr Neuhauss, le Dr Moitessier, R. Koch, M. Th. Comber, le Dr R. Zeiss et notre excellent élève, M. Gife d'Anvers, se sont occupés avec honneur de la photomicrographie et on produit des clichés remarquables.

Lorsque, en 1865, dans la 1re édition de notre traité du microscope, nous fîmes connaître les procédés dont nous nous servions, la photomicrographie ne comptait encore que quelques adeptes. A cette époque, en effet, il n'était ni commode, ni agréable de faire de la photographie à l'aide du microscope. Outre que l'on avait à subir tous les ennuis de la photographie au collodion : tâches sur les mains, poses très longues pendant lesquelles la couche séchait inégalement, épreuves fréquemment manquées parce qu'on ne pouvait toujours déterminer exactement, d'avance, le temps de pose, etc., on avait encore besoin d'une installation tout-à-fait spéciale et l'on ne pouvait guère se servir que d'une source lumineuse intense ; celle du soleil

était même presque toujours nécessaire et la cuve cupro-ammoniacale, de même que l'héliostat, étaient indispensables à quiconque voulait faire quelque chose de sérieux.

Aujourd'hui tout cela est changé. La photomicrographie, grâce au gélatino-bromure, est à la portée de chacun : elle doit même faire partie de l'installation de tout micrographe sérieux, car elle ne présente plus aucune difficulté et peut rendre les services les plus précieux : elle permet de prouver péremptoirement et sans contestation possible, les faits que l'observateur a constatés, de même qu'elle lui permet de garder le souvenir exact de ses recherches. Elle permet même d'aller souvent plus loin que par l'observation directe car, comme nous l'avons déjà dit, certains rayons, les ultra violets par exemple, impressionnent encore la plaque sensible alors que l'œil ne perçoit plus rien.

Nous allons examiner successivement :

1. Les installations.
2. Les appareils.
3. La lumière.
4. Les procédés opératoires.

§ 1. — Les installations.

On peut distinguer trois types d'installations :

I. *L'installation à la Woodward.* Le microscope est disposé horizontalement sur un support fixe, p. ex. une colonne en maçonnerie.

Devant l'instrument se trouve la source lumineuse quelle qu'elle soit ; derrière le microscope glisse sur des rails un chariot portant le châssis avec la glace sensible. Il va sans dire que toute la chambre est dans l'obscurité la plus complète : il n'y pénètre d'autre lumière que celle qui a traversé les lentilles du microscope.

Cette installation est excellente et a permis à feu notre ami le Dr Woodward, de Washington, de produire des clichés qui n'ont guère encore été surpassés, mais elle ne convient qu'à celui qui veut faire une spécialité de la photomicrographie.

II. *Installation habituelle.* Le microscope est placé dans une position horizontale, l'oculaire est enlevé ou conservé et le bout du tube du microscope est relié à une chambre noire photographique ordinaire. L'image est mise à point sur la glace dépolie, qui, ensuite, est enlevée et remplacée par le châssis contenant la plaque sensible, tout-à-fait comme on agit pour photographier un objet quelconque. Comme source lumineuse on peut employer la lumière du jour, la lumière électrique et même une lampe à pétrole.

C'est cette disposition qui est généralement employée par les personnes qui s'occupent de photomicrographie.

III. *Disposition de l'auteur.* Après avoir pendant longtemps employé les deux dispositions précédentes nous y avons définitivement renoncé pour les raisons énumérées par nous, en mars 1885, dans l'*American Monthly microscopical Journal* et que nous résumons ici. D'après nous, la photographie doit être pour le micrographe non un but mais un moyen ; c'est-à-dire, que la photographie sera employée non pour le plaisir de produire des épreuves plus ou moins belles ou plus ou moins intéressantes, mais pour remplacer la chambre claire, quand il s'agira de rendre des détails compliqués ou d'une excessive délicatesse, ou bien encore, quand il faudra donner une preuve irréfutable à l'appui d'un fait nouveau ou controversé.

Or, pour tout cela, les installations précédentes ne sont pas très convenables ; nul n'est absolument certain, quand il s'agit d'un objet à détails très fins, qu'il pourra retrouver complètement les mêmes conditions d'éclairage quand le microscope aura été dérangé ; en tout cas, on n'y réussira qu'avec une grande perte de temps.

Nous avons donc songé à une installation réellement pratique et nous y arrivons de deux façons différentes.

D'abord par une méthode donnant, sans peine, de petits clichés. Pour cela, nous avons construit une petite chambre noire, excessivement légère, pouvant recevoir postérieurement un châssis renfermant une plaque sensible au gélatino-bromure de 5 1/2 c. de longueur sur 4 1/2 c. de large. Antérieurement la chambre se termine par un tube de cuivre portant une lentille concave achromatique ou *Amplifier*. Le tube de la chambre entre librement dans le tube du microscope et l'*Amplifier* est placé à une distance telle de la plaque sensible, que lorsque l'image est nettement à point avec l'oculaire 1 de MM. Powell et Lealand, elle est également à point sur la plaque sensible. Cet effet se produit ainsi, automatiquement, avec l'objectif 1/12 homogène, de Zeiss, en donnant un grossissement de 300 fois. — Si l'on veut une amplification plus considérable on peut agrandir le cliché.

Une glace dépolie peut remplacer le châssis quand on veut employer un autre objectif que celui pour lequel l'appareil est combiné.

On conçoit combien cette disposition est commode. On peut avoir constamment sous la main l'appareil prêt à fonctionner. Un objet intéressant se présente-t-il, on peut en un clin d'œil, sans dérangement, par un simple changement de l'oculaire, prendre le cliché désiré.

Nous avons fait grand emploi de cette disposition qui nous a rendu des services signalés, mais nous l'avons modifiée, depuis quelque temps, de façon à obtenir d'emblée des clichés de toute grandeur jusqu'à la 1/2 plaque (13 × 18). C'est là notre seconde méthode.

L'appareil qui est d'une simplicité excessive sera décrit dans le paragraphe suivant.

§ 2. Les appareils.

Les appareils, qui figurent dans les catalogues des constructeurs, sont excessivement nombreux. Nous allons passer en revue ceux de ces appareils qui nous semblent les mieux entendus.

A. NACHET (17 Rue St-Séverin, **Paris**). M. Nachet, qui est lui-même un photomicrographe distingué, présente divers appareils très bien entendus.

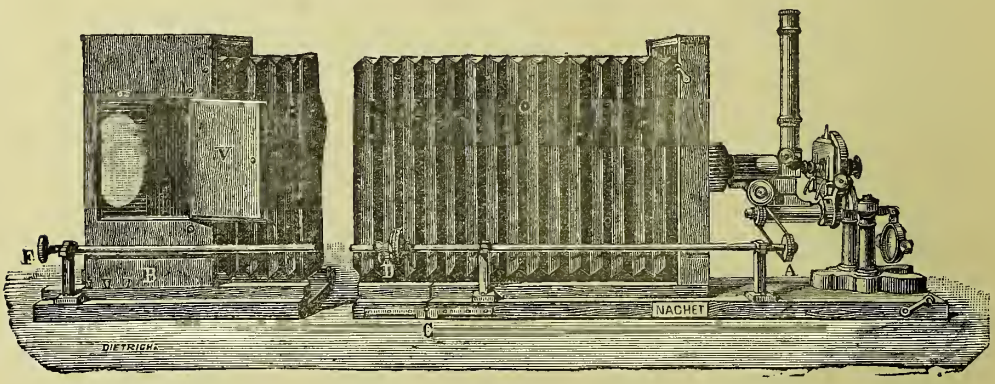


Fig. 168.

Le *grand appareil de photomicrographie* (fig. 168) est un bon instrument formé par une table solide à rainures faites exactement pour laisser glisser la partie B de la chambre noire entrainant le soufflet, et ce, jusqu'à une distance de deux mètres, avec arbre latéral divisé en deux parties et terminé près du microscope, par une poulie A, sur laquelle s'engage soit une petite corde, soit une bandelette de caoutchouc mettant en mouvement le bouton du mouvement lent. Si l'on veut n'opérer qu'à petite distance, on replie la table au moyen de la charnière C ; c'est ainsi même qu'on emploie le plus souvent l'appareil. Si l'on veut, au contraire, opérer à grande distance, on développe la table et l'on réunit l'extrémité de la tige mobile F au bouton D, sur lequel est pratiquée une coulisse à serrage rendant solidaires les deux tiges, dont la partie extérieure repose sur une borne-guide qu'on peut démonter à volonté pour laisser replier la table. On peut mettre au point sur le verre dépoli, soit à l'intérieur sur un bristol, en ouvrant la petite porte latérale V. La chambre noire permet l'obtention de clichés de tous les formats jusqu'à et y compris la plaque normale française (18 × 24).

Le microscope se réunit à la chambre noire par l'intermédiaire d'un système de tubes qui excluent toute lumière extérieure.

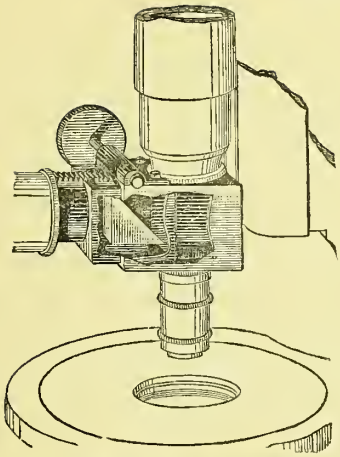


Fig. 169.

M. Nachet a adapté à son microscope photographique un organe nouveau très utile. C'est (fig. 169) une boite rectangulaire contenant un prisme à réflexion totale qu'on peut à volonté, à l'aide d'une crémaillière, amener sur le chemin des rayons, venant de l'objectif. On a ainsi toute facilité pour mettre l'objet dans la position voulue, pour l'éclairer comme on le désire, etc. ; et, lorsque tout est bien arrangé, on relève le prisme et l'on n'a plus qu'à achever la mise-au-point sur la glace dépolie.

M. Nachet fabrique aussi un appareil pour épreuves instantanées qui fonctionne parfaitement.

Cet instrument (fig. 170) est basé sur le principe du microscope à deux corps. Au dessus de l'objectif (fig. 171) un prisme dirige l'image dans le corps oculaire placé sur le côté. Les observations se font donc comme dans un microscope inclinant ordinaire. La chambre noire,

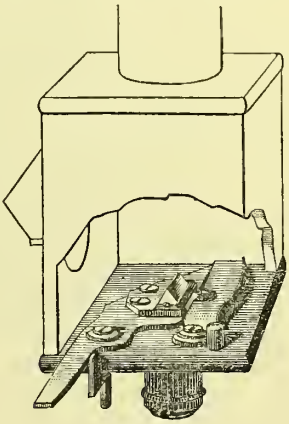


Fig. 171.

montée solidement sur des colonnes, contient la glace sensible qui ne reçoit aucune lumière, le prisme réflecteur servant lui-même d'obturateur à l'objectif.

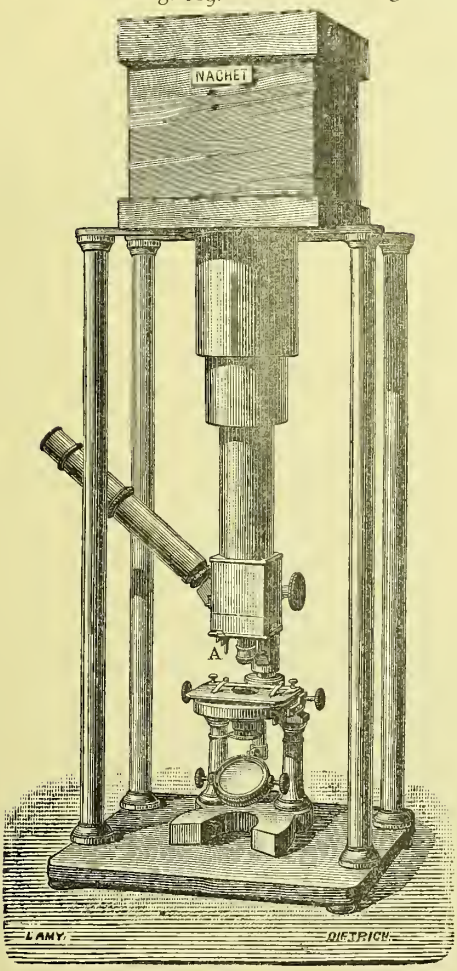


Fig. 170.

L'observateur, pendant qu'il étudie, a le doigt posé sur la détente A. Aussitôt qu'il est satisfait de l'image, une légère pression chasse le prisme et laisse passer l'image pendant un temps infiniment court. Avec une lumière vive, telle que le soleil, la lumière électrique ou la lumière oxyhydrique, les épreuves sont réussies parfaitement.

La mise au foyer sur la glace se produit par une disposition spéciale de lentilles contenue dans le corps oculaire, à l'aide de laquelle chaque observateur doit régler sa mise-au-point, une fois pour toutes, de façon que, lorsque l'image est complètement nette dans l'oculaire, elle est également au foyer sur la glace sensible.

Une petite chambre noire (fig. 172 et 173), que les figures permettent de concevoir suffisamment, semble être un très bon petit appareil

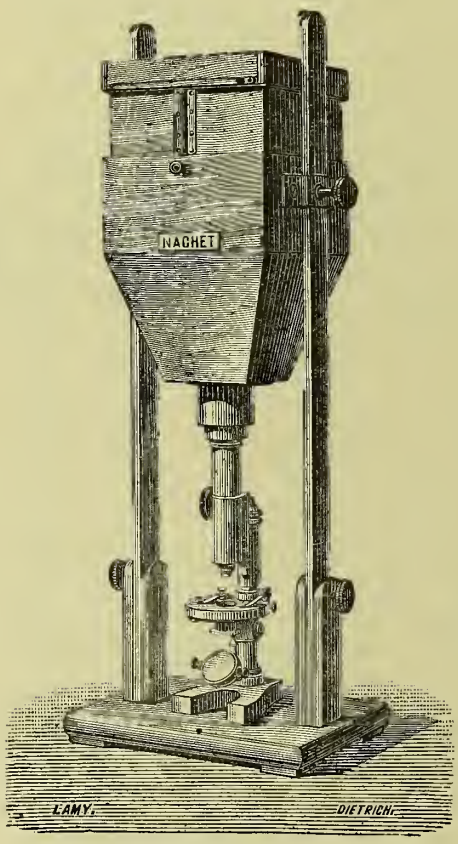


Fig. 172.

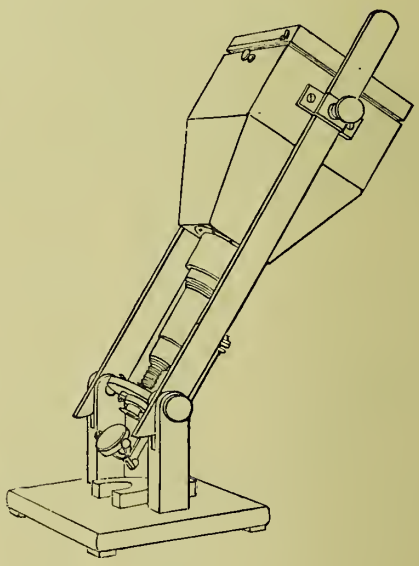


Fig. 173.

pour la photomicrographie élémentaire. L'appareil n'est ni encombrant, ni coûteux, et permet de photographier dans toutes les positions du microscope.

Enfin le grand microscope renversé de M. Nachet (fig. 174) est aussi un appareil excellent pour la photographie. Il ne s'agit que de remplacer l'oculaire par une chambre noire.

Ainsi disposé, c'est un instrument d'une stabilité extrême, supérieur peut-être à toute autre combinaison. Il n'est influencé ni par les trépidations des voitures qui passent, ni par quoi que ce soit. Nous

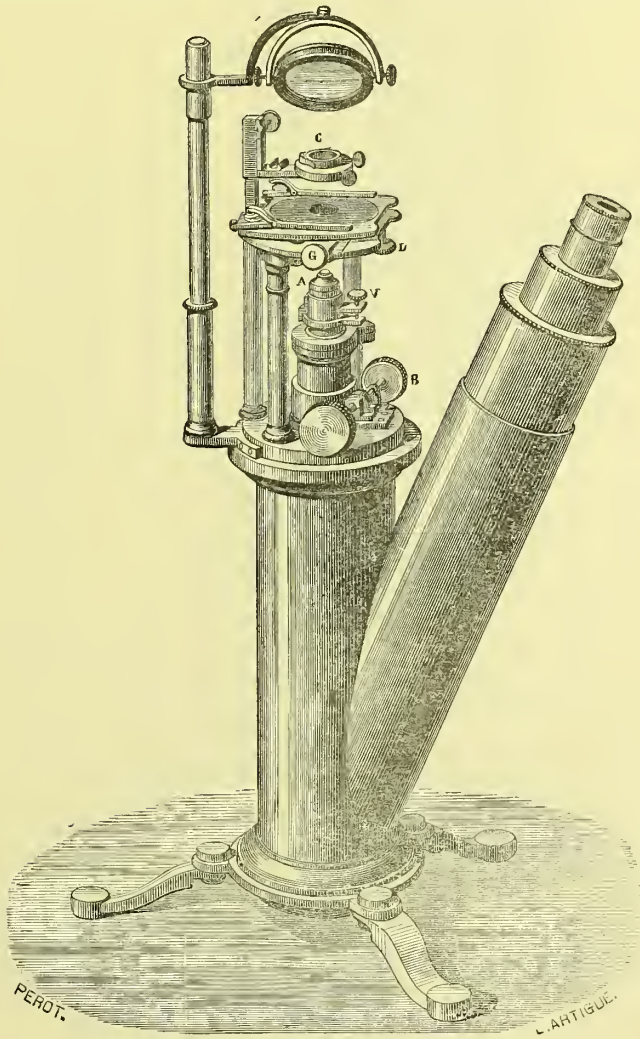


Fig. 174.

l'avons par curiosité employé à côté de notre moteur à gaz et obtenu là des images parfaitement nettes. Je l'ai employé, nous écrivait notre ami M. Neyt, pendant qu'on perçait un trou dans le mur de la cuisine !

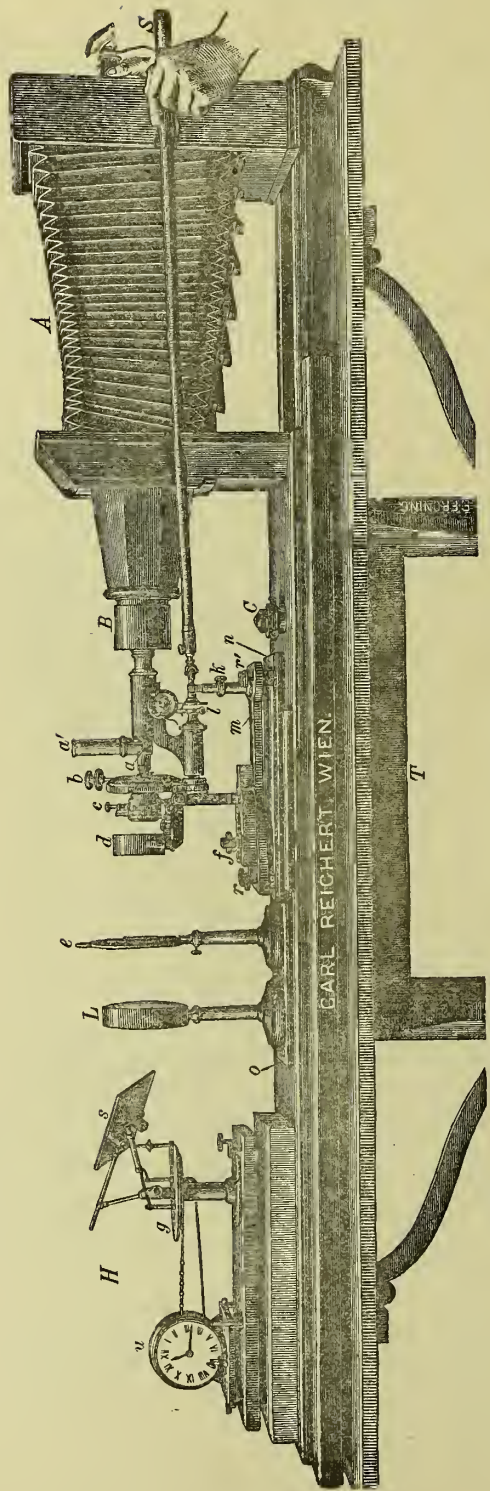


Fig. 175.

GRAND APPAREIL PHOTOMICROGRAPHIQUE DE CARL REICHERT.

Le seul inconvénient c'est de ne pouvoir être employé avec les oculaires à projection. Quand on emploie cet appareil avec les objectifs apochromatiques, il faut, immédiatement au dessus de l'objectif, disposer une lentille achromatique concave qui fasse coïncider le foyer de l'objectif avec la surface de la plaque sensible.

Ainsi disposé cet instrument nous a donné des résultats parfaits, et obtenus avec une facilité extrême. Nous avons produit ainsi des clichés de l'*Amphipleura* ne laissant rien à désirer.

CARL REICHERT (Bennogasse 26, **Vienne VIII**). M. Carl Reichert fabrique deux appareils photographiques.

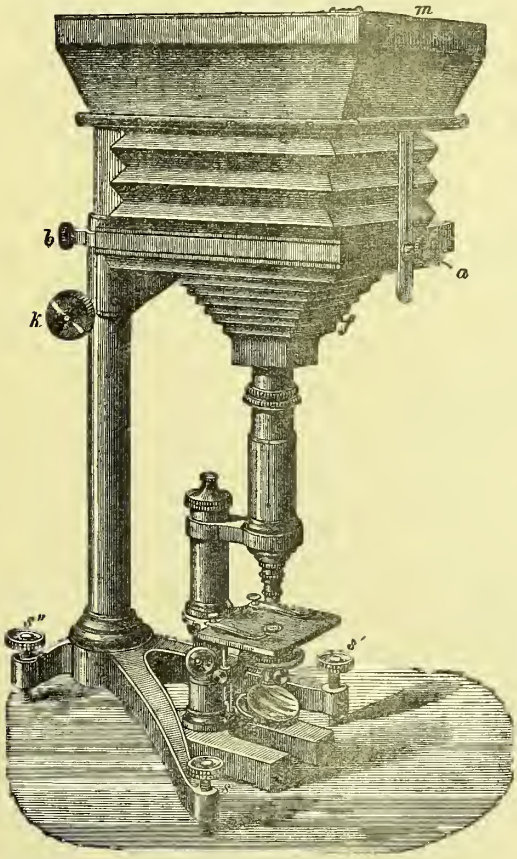


Fig. 176.

Le grand appareil (fig. 175) est monté sur une table polie, en bois, qui porte d'un côté une chambre noire mue par une crémaillière et de l'autre côté les appareils d'éclairage qui consistent principalement en un grand miroir mû par un mouvement d'horlogerie, une loupe condensatrice L et une cuvette à faces parallèles *d* où l'on met soit une solution d'alun, soit une solution colorée. Le microscope est placé à la partie médiane. La figure indique suffisamment les détails de la construction.

L'autre appareil, (fig. 176) est destiné à se placer au dessus de l'oculaire du microscope. Cet appareil est très convenable dans tous les cas où l'on n'emploie qu'un petit microscope et où l'on n'a à reproduire que des préparations qui n'exigent pas la plus haute précision.

Dr CARL ZEISS (Carl Zeissstrasse, **Iena**). La maison Zeiss s'occupe tout spécialement de photographie et l'un des chefs de la maison, M. le Dr. R. Zeiss, s'est acquis une grande réputation par es travaux de photomicrographie. Bon nombre des clichés qui figurent

dans son Traité-catalogue de Photomicrographie sont réellement d'une rare beauté et montrent qu'il a su tirer parti des ressources exceptionnelles dont il dispose.

Le catalogue de la maison présente divers modèles aux travailleurs.

Le *Grand appareil* (fig. 177) est un excellent instrument très complet et très parfait, si l'on veut, mais trop compliqué pour le travail courant. Son prix, d'ailleurs, ne le rend abordable que pour les micrographes très fortunés

Il consiste essentiellement en un microscope spécial M, porté, ainsi que les appareils d'éclairage, par une table en fonte. Une deuxième

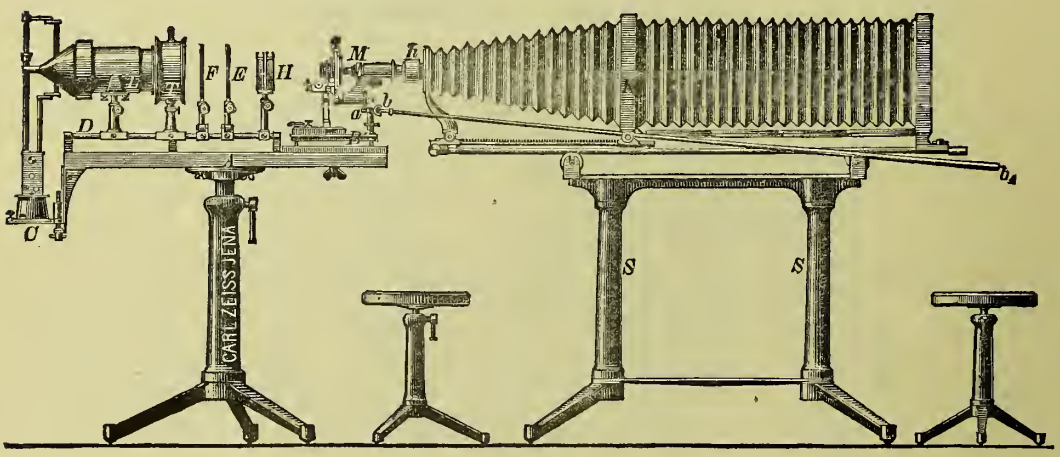


Fig. 177.

table également en fonte, pouvant s'écarter de la 1re, porte la chambre noire K et une manette articulée qui commande le mouvement lent du microscope. La partie antérieure de la chambre peut basculer et servir d'appareil vertical.

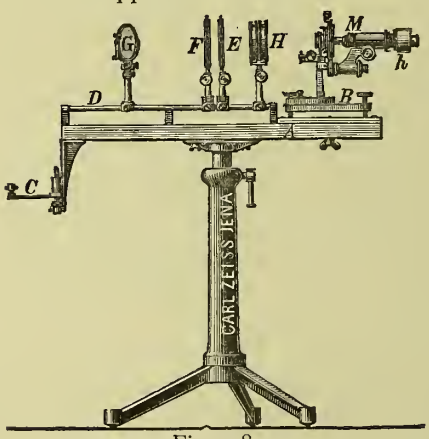


Fig. 178.

Le banc optique de la petite table (fig. 178) est constitué par un miroir plan G, deux écrans F et E et un support à cuvettes H.

On peut y adapter encore une lampe électrique à arc, et ses accessoires.

L'ensemble, comme on le voit, répond donc à tous les désiderata du travailleur mais, nous le répétons, l'appareil est trop compliqué et trop coûteux. Aussi, savons nous, que la maison Zeiss réalisera d'ici à quelque temps un appareil plus simple tout en étant suffisamment complet.

Depuis peu de temps, MM. Zeiss construisent un appareil vertical (fig. 179) se composant d'une chambre noire solide et assez longue, glissant le long d'une tige rigide, divisée et portée par un large trépied en fonte.

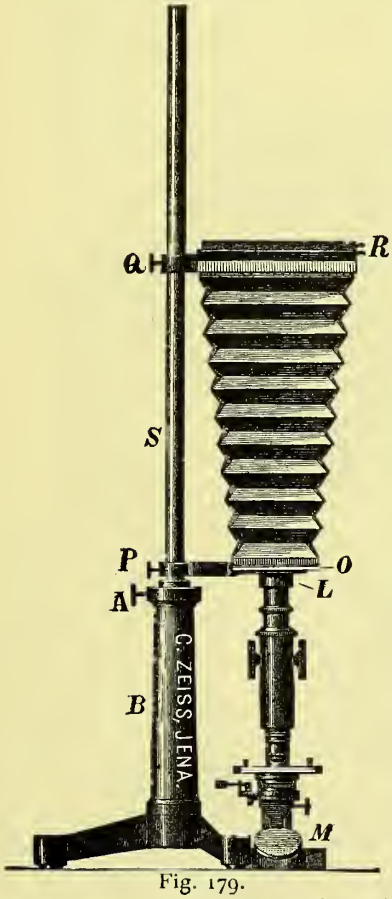


Fig. 179.

La tige support S peut pivoter autour de son axe dans le manchon en fonte B qui naît du centre du trépied. Une vis de pression A permet de fixer la tige dans toute position quelconque de son mouvement rotatoire.

Ces modifications sont très heureuses. Elles rendent l'appareil réellement pratique et permettent de l'employer dans des recherches de haute précision.

On peut à volonté, obtenir chez les constructeurs, et séparément, divers accessoires utilisables avec cet appareil, et entr'autres :

Un support à diaphragmes, sur pied, avec une série complète de diaphragmes et une plaque matte.

Une support à cuvettes, avec deux cuvettes.

Une lentille biconvexe sur pied, avec support, etc.

Enfin **M. E. LEITZ**, à Wetzlar, fabrique également un petit appareil photographique qui diffère des précédents en ce qu'il peut servir pour le microscope incliné.

L'appareil se compose d'une chambre noire suspendue entre deux colonnes qui, à l'aide de vis de pression peuvent être fixées à toutes les inclinaisons.

A l'aide de crémaillières (fig. 180), les colonnes peuvent s'allonger par la sortie de tubes intérieurs ; on peut donc travailler à divers grossissements. Il faut, toutefois, rester dans certaines limites assez restreintes car la chambre ne peut, surtout dans la position inclinée s'allonger considérablement.

Appareil photomicrographique du Dr **HENRI VAN HEURCK.** L'appareil dont nous nous servons depuis une couple d'années et auquel nous ne sommes arrivés qu'après des essais de toutes façons, a l'avantage

d'être d'une stabilité parfaite, d'un prix à peu près nul et d'une simplicité excessive. Tout menuisier intelligent peut le construire.

Plus d'un travailleur est venu nous demander de lui photographier,

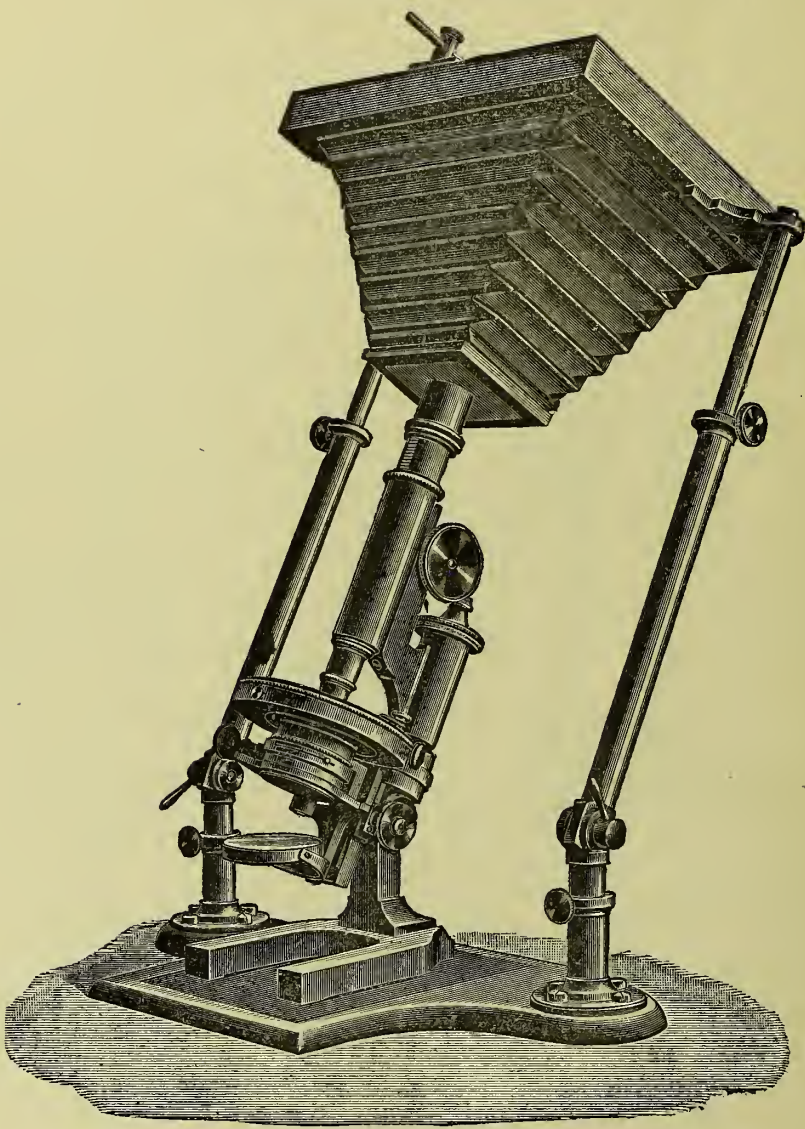


Fig. 180.

l'un des fécules ou des fibres, un autre des tissus histologiques, un autre des diatomées, etc. Jamais nous n'avons eu à tatonner.

Notre appareil (fig. 181) consiste en une caisse rectangulaire en

bois, reposant solidement sur quatre pieds [1], portant en haut le châssis pour le verre dépoli, etc., et se posant sur la table de travail où se trouve le microscope. Le fond de la caisse est percé d'un trou se fermant à volonté par une petite bourse en étoffe noire attachée à ce fond. La hauteur des pieds de la caisse est telle que le tube du microscope arrive dans la caisse à environ 5-10 centimètres au dessus du fond.

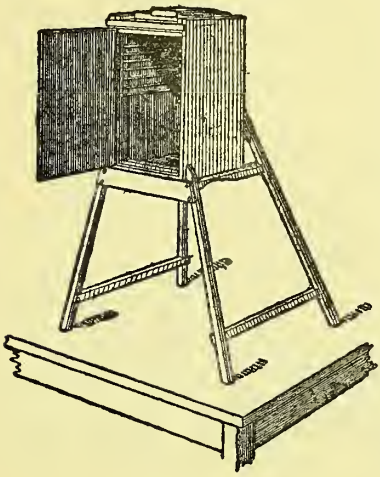


Fig. 181.

La position verticale de l'appareil est de rigueur. C'est la seule qui permette de travailler commodément et c'est en outre la seule qui permette de maintenir complètement en place, sur le condenseur et sur la préparation, ces liquides si mobiles, tels que l'essence de cèdre, le monobromure de naphtaline, l'iodure de méthylène, etc., que l'on emploie maintenant comme liquides d'immersion.

La grande différence — mais elle est essentielle — que notre appareil présente avec tout autre analogue, c'est que le devant de la caisse s'ouvre entièrement.

Il en résulte que, vu la largeur de la caisse, qui a 25 centimètres de côté, on peut très commodément mettre la tête dans l'intérieur de la chambre noire et, là, l'œil de l'observateur est à l'abri de toute autre lumière que celle qui vient du tube du microscope. L'image peut donc être mise à point dans les dispositions les plus favorables ; lorsque tout est parfait, on remplace l'oculaire ordinaire par l'oculaire à projection (*si cela est nécessaire*) et on ferme la chambre noire.

A l'aide d'une chaise ou d'un escabeau quelconque, on vérifie une dernière fois la mise à point sur le verre poli (un verre dépoli ne pouvant donner la précision nécessaire) à l'aide d'une loupe réglée, et on procède à l'exposition.

La longueur extérieure de la caisse est fixe et invariable, mais un système de crémaillières intérieures permet de modifier la distance entre la plaque sensibilisée et le microscope. Toutefois l'expérience nous a montré que cela est inutile, la combinaison des objectifs apochromatiques avec les divers oculaires compensateurs donnant toute la série de grossissements désirable.

---

(1) Il serait plus commode de n'avoir que 3 pieds, mais alors on serait sans cesse gêné dans les mouvements et dans l'éclairage.

C'est la longueur invariable des dispositifs qui donne la rigidité à l'appareil et permet la photographie des objets les plus délicats et de leurs moindres détails. Notre caisse a 50 centimètres de longueur. Si l'on dépassait cette dimension, on n'aurait plus la commodité necessaire pour manier le mouvement lent du microscope pendant que l'on regarde l'image sur le verre poli.

Cette longueur est plus que suffisante. Avec les objectifs de 1/10e de pouce on obtient ainsi, avec les oculaires à projection 3 et 6, 500 et 1000 diamètres, et, avec les oculaires compensateurs 12 et 18 on obtient aussi 2000 et 3000 diamètres.

C'est ainsi qu'ont été faits tous nos clichés de tests, avec l'objectif O. N. 1,6 qui figurent dant cet ouvrage.

§. Les éclairages.

Pour obtenir de bons clichés il faut employer un éclairage convenable, vigoureux, qui produise du contraste comme on dit en photographie. C'est-à-dire, qui fasse ressortir l'objet sur le fond.

Si l'éclairage est trop faible, l'image sera toujours terne, les détails seront peu ou point visibles.

On peut, dans l'ordre de leur valeur, en photomicrographie, classer les sources lumineuses comme suit :

Lumière solaire.
» électrique par arc voltaïque.
» » par incandescence.
» oxyhydrique.
Éclairage au pétrole.
Lumière émise par les nuages blancs.

Lumière solaire. — Pour utiliser convenablement la lumière solaire il faut employer un héliostat. L'héliostat le plus simple, le plus pratique et en même temps le moins coûteux que nous connaissons, est celui de Prazmowski qui est fourni, à Paris, par MM. Bezu, Hauser & Cie, et à Potsdam par M. Hartnack. Nous nous en servons depuis de longues années et nous n'avons que des éloges à lui donner.

L'instrument (fig. 182) se compose d'un solide mouvement d'horlogerie faisant tourner, avec une vitesse d'un tour en 48 heures, un axe sur lequel on peut établir *à frottement* le miroir carré qui va être ainsi mis en rotation.

Sur la circonférence du tambour, contenant ce mouvement, est disposé un cadran portant les heures espacées, les unes des autres, par un intervalle disposé de 10 minutes en 10 minutes. Ce tambour est lui-même porté par un support qu'on établit sur une surface horizontale, et qui permet de l'incliner de manière à faire coïncider l'axe du

mouvement avec la direction de l'axe du monde dans le lieu où l'on opère.

Cette direction, donnée par la latitude du lieu, n'a pas besoin d'être connue de l'opérateur, l'orientation de l'instrument quant à la latitude et quant à la déclinaison du soleil correspondant au jour de l'année, se faisant à la fois et, pour ainsi dire, automatiquement. L'appareil sera d'ailleurs fixé après l'orientation, dans la position exigée par la latitude, à l'aide d'une vis de pression agissant sur un limbe qui porte les latitudes de 0° à 70°.

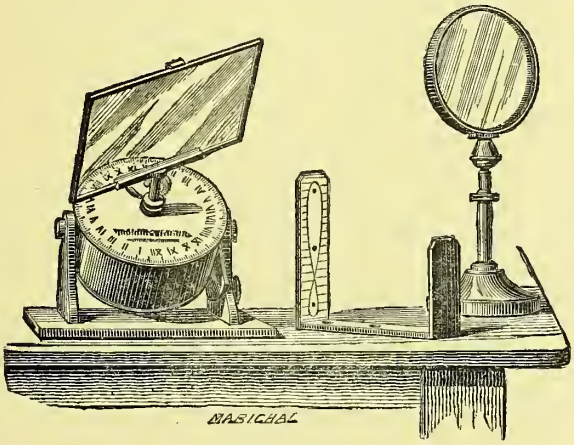


Fig. 182.

Pour orienter l'instrument, après que le mouvement d'horlogerie a été monté, on le place sur une surface bien horizontale, et, le miroir étant enlevé, on engage à frottement, dans l'axe du mouvement qui le traverse comme une broche, une règle métallique formant diamètre sur le cadran. Cette règle se termine à ses deux extrémités par un appendice perpendiculaire ; l'un plus court, percé d'un petit trou — c'est une pinnule ; l'autre, plus long, marqué d'une division représentant l'équation du temps et les déclinaisons du soleil, de dix en dix jours, reliées par une ligne continue. Au pied de l'appendice-pinnule, la règle est percée d'une fenêtre qui permet d'apercevoir au travers les chiffres des heures gravés sur le cadran. Pour mettre l'appareil à l'heure, on fait tourner la règle autour de l'axe, comme l'aiguille d'une montre jusqu'à ce que le chiffre de l'heure et fraction d'heure à laquelle on opère (l'heure que l'on prend sur une montre bien réglée) soit compris dans la fenêtre, et que la division qui la représente sur le cadran coïncide avec un index placé sur le bord de la fenêtre.

Pour orienter définitivement, on n'a plus alors qu'à faire tourner l'instrument horizontalement sur la table, en l'inclinant plus ou moins sur son support, jusqu'à ce qu'un rayon de soleil, passant par le trou de la pinnule, vienne peindre sur la ligne des déclinaisons placée sur la branche opposée de la règle, une petite image du soleil tombant exactement sur le point correspondant au jour de l'année.

Cette opération dure à peine quelques instants, et elle est, comme on le voit, extrêmement facile.

Cela fait, l'instrument est orienté ; on serre la vis réglant l'inclinaison sur le cercle des latitudes, on enlève la règle et on glisse dans l'axe du mouvement la tige du miroir, qui peut y tourner *à frottement* sans agir sur le mouvement d'horlogerie. On obtient ainsi un rayon horizontal immobile, que l'on peut encore réfléchir sur un autre miroir plan, placé à quelque distance et mobile sur son pied, afin de diriger le rayon partout où il en est besoin.

Ajoutons que si l'on ne connaît pas exactement l'heure, on peut encore régler l'instrument d'une manière suffisamment approximative, en l'orientant *vers* midi. On peut encore opérer en orientant d'abord vers 9 heures du matin, puis vers 3 heures du soir. A chacune de ces opérations, on trace un trait sur la table avec un crayon et le pied de l'instrument servant de règle. Ces deux traits formant un angle qu'on divise en deux parties égales, par une bissectrice le long de laquelle on range le pied de l'héliostat. Celui-ci se trouve ainsi orienté pour midi.

Le mouvement d'horlogerie construit spécialement pour cet héliostat est extrêmement soigné et solide ; il possède un échappement à ancre, et peut mouvoir un miroir beaucoup plus grand que celui qui lui est adapté. Un petit cadran placé sur le tambour et divisé en 60 minutes, sur lequel se meut une aiguille des minutes, permet de vérifier la régularité du mouvement. Le cadran des heures et la division en jours sur l'équerre sont émaillés et, par conséquent, à l'abri des accidents et des intempéries. L'instrument peut servir dans les localités situées depuis l'équateur jusqu'à une latitude de 70°.

L'héliostat est accompagné d'un second miroir, sur pied lourd, mobile dans une articulation à boule, et le tout est enfermé dans une boite d'un petit volume et d'un facile transport.

Pour employer l'héliostat on commence par l'installer et le fixer conformément aux instructions qui viennent d'être données, puis on dirige le grand miroir de telle façon que les rayons solaires viennent frapper le petit miroir sur pied que l'on place dans le voisinage de l'instrument.

Ce miroir à son tour renvoie les rayons solaires sur le miroir du microscope à qui l'on fait prendre la position la plus convenable, pour l'éclairage de l'objet. Malgré ces réflexions successives qui semblent devoir absorber beaucoup de lumière, il en reste suffisamment pour qu'on puisse obtenir un bon cliché en un temps infiniment court.

Il va sans dire qu'on doit interposer sur le trajet des rayons une cuvette à faces parallèles, contenant un liquide coloré donnant une lumière monochromatique et destiné, en même temps, à protéger l'œil

pendant la mise-à-point, etc. Si l'on se sert d'objectifs apochromatiques, cette cuvette peut au besoin se retirer pendant la pose, quoique mieux vaille la conserver, mais si l'on emploie des objectifs simplement achromatiques, il est indispensable de la laisser en place. La solution cupro-ammoniacale, qui donne la lumière monochromatique bleue, est préférée.

Cette solution s'obtient en dissolvant une partie de sulfate de cuivre pulvérisé dans quatre parties d'ammoniaque liquide.

On ajoute ensuite plus ou moins d'eau distillée de façon à avoir une solution plus ou moins foncée et cela selon l'intensité de la lumière solaire et selon l'écartement des parois de la cuve, c'est-à-dire selon l'épaisseur de la couche colorée.

Éclairage électrique. L'éclairage par arc voltaïque est peu à recommander par suite du peu de stabilité de cette lumière et de la difficulté de sa production.

L'éclairage par incandescence est au contraire fort avantageux et nous en faisons usage toutes les fois que nous ne pouvons employer le soleil ce qui n'arrive que trop souvent dans nos climats.

Nous avons déjà parlé, dans la 1re partie de ce livre, de la production et de l'emploi de la lumière électrique.

Disons seulement ici que, pour l'emploi de la lumière incandescente, nous utilisons de préférence le photophore et que nous le disposons généralement de façon que la source lumineuse arrive directement au condenseur, sans passer par le miroir.

Eclairage oxyhydrique. La lumière oxyhydrique, produite par un jet d'oxygène et d'hydrogène rendant incandescent un cylindre de chaux vive est excellente pour la photomicrographie et les amateurs anglais l'utilisent beaucoup.

On emploie généralement le bec à jets séparés. L'hydrogène pur est remplacé par le gaz d'éclairage et l'oxygène est acheté tout fait, comprimé dans des cylindres d'acier. Ces cylindres qui sont essayés à la pression de 250 atmosphères renferment de l'oxygène comprimé à 125 atmosphères. La pression diminue naturellement au fur et à mesure de l'emploi du gaz, il faut donc, pour avoir une pression bien constante, passer par l'intermédiaire d'un « *regulateur de pression* » qui est fourni à volonté en même temps que le cylindre.

Lorsque le cylindre est vide on le rend au fournisseur qui le reprend ou le remplace par un autre. Les cylindres peuvent donc être achetés ou loués.

Une fabrique d'oxygène comprimé existe à Paris, rue Gavarni. M. Louis Van Neck, fabricant d'appareils photographiques, rue Klapdorp à Anvers, en a un dépôt.

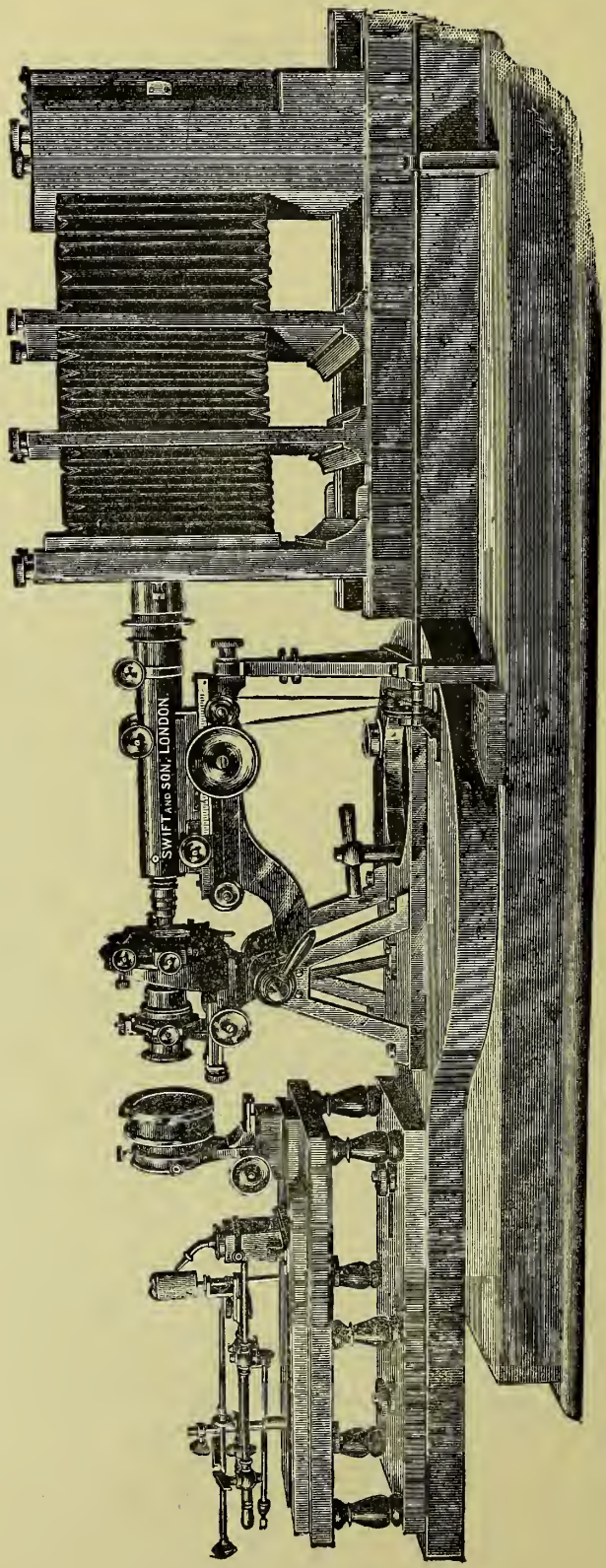


Fig. 183.
APPAREIL PHOTOMICROGRAPHIQUE DE Mr A. PRINGLE.

L'hydrogène pur étant ennuyeux à préparer et très difficile à conserver on se sert habituellement du gaz d'éclairage que l'on prend directement à la canalisation.

Cela n'est toutefois possible que quand on emploie les becs séparés, quand on fait usage du « *bec combiné* » où les deux gaz se mélangent avant d'être enflammés, il faut absolument passer par l'intermédiaire de deux sacs en caoutchouc et subissant chacun une égale pression sinon on s'exposerait à une explosion.

Lorsqu'on n'a pas le gaz d'éclairage à sa disposition, on peut employer un appareil spécial où le gaz est remplacé par de la vapeur d'Ether. Quoique inférieure à la lumière produite par l'appareil à gaz (qui lui-même, en réalité, n'égale pas l'instrument où l'on utilise le gaz hydrogène pur), on peut cependant encore tirer bon parti de la lumière donnée par l'appareil dont nous venons de parler et qu'on pourra trouver à Anvers chez M. Van Neck et chez M. G. Brand.

Nous donnons ici la figure d'un appareil photographique construit d'après les dessins de notre ami M. A. Pringle, habile photomicrographe anglais. Cet appareil (fig. 183) est spécialement disposé pour l'emploi de la lumière oxyhydrique.

Eclairage au pétrole. On peut, à l'aide d'une lampe au pétrole, obtenir des clichés de bonne qualité, surtout si le grossissement employé est modéré. M. J. D. Cox, un des plus habiles Diatomistes de l'Amérique, a obtenu ainsi toute la série de photogrammes dont il s'est servi pour appuyer son beau travail sur la structure de la valve des Diatomées. Toutefois, le pétrole exige de longues poses, ce qui expose la mise-à-point à varier et, en outre, il y a très peu de contraste entre l'objet reproduit et le fond du champ.

Lumière des nuages blancs. Ce que nous venons de dire de l'éclairage au pétrole s'applique aussi à la lumière émise par les nuages blancs. On ne peut l'employer que pour de très faibles grossissements et toujours avec danger d'altération de la mise-au-point.

4. Les procédés opératoires.

Il nous reste encore maintenant à décrire comment on s'y prend pour faire un photogramme.

Nous pourrons ici être court, d'autant plus que les choses sont fort simples et que, grâce à la merveilleuse invention du « gélatino-bromure » faite par notre ami l'habile micrographe anglais, Dr. Maddox, les procédés photographiques se sont vulgarisés de telle façon que presque chacun est aujourd'hui initié à la photographie.

La production d'un photogramme, comprend, comme on sait, deux opérations : la production du cliché et le tirage sur papier.

1. Production du cliché. Voici comment on s'y prend avec notre appareil.

Après avoir mis dans le champ du microscope, l'objet que l'on veut photographier, on dispose la chambre noire au dessus de l'instrument, et ce de telle façon que le bout du tube arrive à cinq ou six centimètres au dessus de l'intérieur du fond. La lumière latérale au tube est soigneusement écartée, d'abord en serrant la petite bourse en tissu noir autour du tube et ensuite en glissant sur le tube du microscope un petit disque en carton noir. L'ouverture de ce disque est telle qu'il vienne se poser sur l'anneau saillant du tube.

L'objet est alors soigneusement mis à point et éclairé convenablement et conformément aux indications que nous donnerons plus loin.

Lorsqu'on est satisfait de l'image, on remplace l'oculaire ordinaire par un oculaire à projection et on ferme la chambre noire.

On vérifie si l'image tombe bien au centre du verre dépoli, si cela est, on remplace le verre dépoli par le châssis à glace polie. En se servant d'une loupe parfaitement mise à point sur la face inférieure de cette glace on voit si tous les détails de l'image sont bien tels qu'on les veut, sinon on rectifie à l'aide du mouvement lent.

On pose maintenant un carton devant le microscope de façon à couper l'arrivée de la lumière à l'instrument. On remplace la glace de mise-à-point par le châssis contenant la plaque sensible et on procède à la pose en enlevant le carton pendant le temps jugé necessaire.

Ce temps étant écoulé on remet en place le carton coupe-lumière. On ferme le châssis et on le transporte dans la chambre de travail.

La chambre noire de travail doit être hermétiquement close, toute lumière soit naturelle, soit artificielle, dont on se sert pendant le développement de la plaque, doit être tamisée par un verre orangé et un verre rouge rubis. On doit même recouvrir la cuvette de développement d'un carton jusqu'à ce que l'image soit convenablement venue.

Pour procéder au développement on plonge la glace sensibilisée dans le développateur qui est versé préalablement dans une cuvette plate. On promène continuellement le développateur sur la surface de la couche impressionnée. Lorsque l'image est venue avec tous ses détails et avec l'intensité nécessaire, ce dont on s'assure en regardant la plaque par transparence, contre la lumière, alors on la lave soigneusement sous un filet d'eau et on la dépose dans le bain fixateur.

La plaque est *fixée* l'orsqu'on n'aperçoit plus aucune partie blanche à sa surface. On procède maintenant à un nouveau lavage, et on dépose la plaque pendant quelques minutes dans une solutions saturée d'alun qui a l'avantage de rendre la couche de gélatine imputrescible,

tout en la rendant plus transparente et en l'attachant fortement au verre qui lui sert de support.

La plaque retirée du bain d'alun est mise, placée debout contre les parois, dans une grande cuve contenant de l'eau de pluie. On l'y laisse 10 à 12 heures tout en changent 2 ou 3 fois l'eau de la cuve afin que les dernières traces du fixateur soient dissoutes par l'eau ambiante et enlevées.

La plaque, retirée de l'eau, est mise à sécher spontanément (sans intervention de la chaleur qui fondrait la gélatine) et on peut ensuite procéder au tirage sur papier.

Développateur. — Il existe un grand nombre de produits pouvant servir à développer l'image. Le fer, l'acide pyrogallique, l'hydroquinone, l'Eikonogène sont les plus usités et on les emploie d'après les formules que l'on trouve jointes à toutes les boites de plaques.

Tous les développateurs, quand ils sont employés par une main expérimentée et que le cliché a posé exactement le temps nécessaire donnent de bons résultats. Poser le temps voulu et bien mener son développement, tout le secret est là.

Quant à nous, après avoir essayé bien des formules, nous nous en tenons exclusivement soit au « *Parfait développateur à l'hydroquinone et à l'Eosine de P. Mercier* » (1), soit à une formule que nous donnons ci-après.

Le développateur Mercier, qui se conserve inaltéré pendant longtemps pourvu, qu'on le conserve dans des flacons bouchés et placés dans l'obscurité a l'avantage de permettre une certaine latitude dans le temps de pose tout en permettant aussi d'amener le cliché juste à l'intensité voulue.

Nous allons encore donner quelques détails complémentaires pour son emploi.

Si la pose a été bonne, l'image commence à se montrer au bout de *trois minutes ;* elle apparaît graduellement, le ciel et les grands blancs d'abord, les demi-teintes ensuite, avec tous leurs détails. On laisse ceux-ci se développer et l'image se fouiller dans les ombres jusqu'au moment où le cliché semble se troubler et va prendre une teinte presque uniforme sur toute sa surface, excepté sur les bords, qui, *restant d'un blanc pur*, attestent qu'il n'y a pas production de voile.

L'opération doit demander au moins 10 minutes ou 1/4 d'heure, selon la sensibilité des glaces. Quand l'image est plus longue à venir, soit par défaut de pose, soit par manque de sensibilité de la plaque, soit parce qu'on emploie un bain plus ou moins usé, il n'y a qu'à

(1) Faubourg St-Martin 158 à Paris.

attendre en la surveillant : elle vient toujours, aussi vigoureuse et aussi détaillée que possible, et si le cliché n'a pas vu le jour, elle n'est *jamais voilée* (1).

On peut développer 10 à 15 plaques dans le même bain sans qu'il noircisse, c'est-à-dire sans qu'il perde beaucoup de sa puissance, surtout si on le revivifie de temps en temps avec un peu de révélateur neuf. — 100 à 150 gr. de liquide suffisent pour une douzaine de clichés 9 × 12.

Il faut bien se garder de rejeter les vieux bains (ayant déjà servi plusieurs fois) ; ils développent moins vite, mais ils sont excellents pour l'usage courant.

Clichés ordinaires et clichés surexposés. — On sait que la *grande difficulté*, en photographie, est d'évaluer exactement le temps qu'il faut poser, selon l'éclairage du sujet à reproduire, la qualité des plaques, celle de l'objectif, etc.

Avec les révélateurs précédemment usités, l'oxalate de fer, l'acide pyrogallique, et souvent même avec les bains ordinaires à l'hydroquinone, un cliché trop posé se voile, prend une teinte grise uniforme, et se trouve parfois irrémédiablement perdu.

Le Parfait Révélateur permet de corriger des écarts considérables dans le temps de pose, et d'éviter ces mécomptes décourageants.

Il suffit de se rappeler que, lorsque le temps de pose a été à peu près exact, *il faut environ 3 minutes avec le bain neuf*, 4 *minutes avec un vieux bain*, *pour que l'image commence à se montrer* dans les grands blancs. Si elle apparaît plus vite, c'est qu'il y a un très grand excès de pose ; dans ce cas on retire le cliché et on le met dans un bain plus ancien, ou bien l'on étend simplement le bain en usage avec de l'eau distillée. — Lorsqu'on sait à l'avance que le cliché est beaucoup trop posé, on peut commencer par le mettre dans un vieux bain, et le laisser ainsi se développer lentement, pour le tâter ; on amène au point voulu en ajoutant peu à peu, s'il le faut, du révélateur plus neuf. — En suivant cette simple indication, chaque fois que l'on ignore si la pose a été bonne, tout se réduit

(1) C'est précisément la lenteur de développement particulière à ce révélateur, qui produit la beauté et l'énergie des clichés ainsi obtenus, même avec un temps de pose moitié plus court qu'à l'ordinaire : le liquide a le temps de réagir dans toute l'épaisseur de la couche impressionnée, les blancs se détachent avec vigueur sur les parties plus sombres, tandis que les objets peu éclairés et les détails viennent également bien.

De plus, grâce à cette lenteur du développement, on peut conduire celui-ci à volonté, le pousser ou le suspendre suivant le besoin, saisir le moment précis où il faut retirer le cliché, et toujours obtenir des résultats satisfaisants.

à une affaire de soins et d'attention, et l'on ne doit avoir *jamais d'insuccès.*

Avec une pose exacte, l'argent réduit a une belle teinte noire ; une exposition trop longue produit une teinte sépia, également excellente pour le tirage.

Il est évident qu'il ne faudrait pas laisser trop longtemps dans un bain neuf et sans surveillance un négatif surexposé.

Développé convenablement, un cliché, même beaucoup trop posé, peut venir avec une teinte faible, comme lorsqu'il y a manque de pose ; mais il ne se produit pas de voile, et il suffit d'un simple renforçage au bichlorure de mercure et à l'ammoniaque pour en changer la couleur et le rendre capable de produire d'exellentes épreuves.

Instantanés et clichés peu posés. — Le Parfait Révélateur, par son extrême énergie, se prête admirablement au développement de ces sortes d'images ; il suffit d'employer un bain neuf et d'y laisser la glace impressionnée 1/4 d'heure et plus s'il le faut, jusqu'à ce qu'en l'examinant par transparence, on ne constate plus d'augmentation d'intensité. — On peut employer avec avantage plusieurs bains neufs successifs. — Mais c'est surtout dans ces cas qu'il faut couvrir la cuvette avec un écran, pour éviter, quoi qu'on en ait dit, même la lumière directe de la lanterne rouge.

On obtient ainsi d'excellents instantanés, aussi beaux et aussi nets qu'on peut le désirer, et plus vigoureux qu'avec tout autre révélateur.

Renforçage du cliché. — Un cliché trop faible peut être renforcé par les procédés connus.

L'un des plus simples et des plus énergiques est le renforçage au mercure. On place le cliché, fixé et bien lavé, dans une solution de bichlorure de mercure à 5 p. o/o, avec 5 gr. de sel de cuisine, où on le laisse *blanchir d'autant plus qu'on veut lui donner plus de vigueur.* On le lave ensuite à grande eau, et on l'arrose avec un mélange de deux ou trois parties d'ammoniaque pour sept ou huit parties d'eau ordinaire. Il noircit aussitôt en acquérant de l'intensité.

L'ammoniaque peut être remplacée par le révélateur à l'hydroquinone lui-même, étendu d'eau ; mais ce procédé, très énergique, exige des lavages préalables beaucoup plus minutieux.

On arrive souvent à obtenir de bonnes épreuves avec un cliché faible en tirant *à l'ombre*, ou, au soleil, sous quelques doubles de papier blanc.

Quant à notre formule, la voici :

Hydroquinone	8 gr.
Sulfite de soude chimiquement pur.	50 gr.
Carbonate de soude chimiquement pur.	50 gr.

Bromure de potassium . . . . . 5 décigr.
Eosine. . . . . 1 centigr.
Eau distillée . . . . . 1 litre.

Nous n'employons jamais qu'un bain neuf que nous utilisons pour plusieurs plaques ; si l'image vient trop promptement nous ajoutons de l'eau, si elle vient trop lentement nous renforçons au contraire en ajoutant successivement de petites quantités du mélange suivant :

Sulfite de soude chimiquement pur 50
Carbonate de potasse 20
Iconogène 10
Eau 300

Fixateur. Comme fixateur, pour les plaques au gélatino-bromure on emploie une solution de 200 grammes d'hyposulfite de soude dans un litre d'eau. Ce bain est versé, au fur et à mesure des besoins, dans une cuvette qui en contienne suffisamment pour bien immerger la plaque. On doit l'employer toujours frais. Sitôt qu'il brunit il doit être jeté, sinon il exerce une influence nuisible sur le cliché dont il trouble la parfaite transparence.

Avant que de finir ce chapitre, nous devons dire un mot sur les plaques sensibles à employer.

Toutes les plaques ne sont pas également bonnes pour la photomicrographie. Il faut que la couche soit suffisamment sensible, à grain aussi fin que possible et il faut qu'elle se laisse également bien pénétrer à fond par l'image.

Ces conditions sont difficiles à trouver réunies. Il y a déjà dix ans, dans notre travail sur l'éclairage électrique, nous avons indiqué les plaques Ilford qui, à cette époque, se vendaient sous le nom de *plaques Marion*, du nom du débitant qui en avait acquis momentanément le monopole.

Depuis lors nous avons fait des essais en quantité et expérimenté les marques les plus diverses. On s'imagine toujours, chaque fois, que l'on essaie une marque nouvelle, que l'on vient de dénicher le merle blanc et que l'on va, cette fois-ci, obtenir des résultats phénoménaux.

Il n'en est rien malheureusement, et l'on voit que l'on n'a fait que se créer de nouvelles difficultés ; il faut en effet recommencer à nouveau, chaque fois, ses essais de pose, de développateurs, etc., etc. Après des déboires sans fin, nous en sommes revenu, après chaque essai, à nos Ilford et nous recommandons fort cette marque que l'on trouve partout à Londres. A Paris on l'obtiendra chez Molteni, rue du Chateau-d'eau.

Pour la Belgique, le représentant général de la maison Ilford est M. Louis Van Neck, rue Klapdorp à Anvers. On trouvera aussi chez lui toutes les plaques possibles de même que tous les produits et tous les appareils photographiques anglais, allemands, français ou

américains. C'est peut-être la maison qui, sous ce rapport, est la mieux fournie du continent.

On pourra aussi faire construire chez M. L. Van Neck tous les appareils de photomicrographie ou de photographie usuelle que l'on pourra désirer. Il est bien connu, croyons nous, de nos lecteurs que M. Van Neck, qui a introduit en Belgique la construction des appareils de photographie de précision, possède des ateliers admirablement installés et outillés et que lui-même est l'inventeur fécond de ces nombreux appareils si coquets et si réduits qui sont employés exclusivement par nos amateurs les plus habiles.

2. Tirage sur papier. — L'orsqu'il s'agit de détails de structure très délicats, l'auteur du cliché est seul capable de faire un tirage convenable sur papier. Mais, toutes les fois qu'il s'agira de clichés ordinaires, nous conseillons aux micrographes de faire faire le tirage par un photographe de profession, expérimenté, à qui l'on donnera les indications nécessaires.

Le prix de revient, dans ces conditions, sera souvent moindre que si on faisait le tirage soi-même, car, si on ne peut constamment avoir l'œil au tirage, on risque de gâter beaucoup de papier.

Le tirage sur papier est, en tout cas, facile et simple affaire de temps et de patience. Nous allons indiquer comment elle se fait.

Donnons d'abord les formules :

1° Bain d'argent :

Nitrate d'argent	15
Eau	70
Alcool	30

2° Bain de virage :

Eau	4 litres.
Chlorure d'or	1 gramme.
Hypochlorite de chaux.	1 1/2 gramme.
Craie	Une petite quantité de façon à rendre le bain alcalin.

3° Bain de fixage :

Eau	100
Hyposulfite de soude	15 à 20

Le papier albuminé, que l'on achète tout préparé et que l'on choisira de la meilleure qualité, est étendu sur la surface du bain d'argent préalablement versé dans une cuvette horizontale en verre ou en porcelaine. Après trois ou quatre minutes de contact, le papier est saisi par un des angles et fixé, au moyen d'un crochet de bois, à une corde tendue dans la chambre noire. On l'y laisse sécher.

Prenant ensuite le cliché, on place le papier sensibilisé derrière la face où se trouve l'image, puis le tout est renfermé dans le châssis à reproduction et exposé à la lumière.

Quand on juge que l'image est assez venue, on plonge le papier dans le bain de virage et on l'y laisse jusqu'à ce qu'il ait pris un beau ton.

L'épreuve est alors mise dans le bain d'hyposulfite, dont on la retire, quand, examinée par transparence, les endroits non attaqués du papier paraissent parfaitement blancs.

Pour terminer, on la plongera vingt-quatre heures dans un seau d'eau pure qu'on renouvellera deux ou trois fois.

L'épreuve est alors séchée et collée.

Depuis quelque temps M. Mercier a introduit l'emploi d'un nouveau papier, qu'il nomme *Papier iso-vireur au nitrate d'urane*, qui donne des images très belles et n'exige, après le tirage, qu'un simple fixage à l'hyposulfite de soude. Ce papier, dont l'usage est excessivement commode, se trouve dans toutes les bonnes maisons de fournitures photographiques et nous recommandons à tous les photomicrographes d'en faire l'essai, persuadé, que nous sommes, qu'ils en seront aussi satisfaits que nous le sommes nous même.

3. Indications générales. Il nous reste encore à donner maintenant quelques indications générales que nous avons reservées jusqu'ici pour ne pas embrouiller la marche générale des explications.

1. Pour que l'image se reproduise sur la plaque sensible avec le maximum de netteté et de détails, il faut que l'image de la source lumineuse soit aussi coïncidante que possible avec l'image de l'objet. Cela est de rigueur toutes les fois que l'on se sert d'un grossissement assez notable et que l'objet est photographié dans l'éclairage axial.

Si le grossissement employé est faible, il faut, au contraire, se servir d'un éclairage convergent et employé de telle façon que l'image de la source lumineuse tombe au dessus des lentilles de l'objectif.

2. De ce qui vient d'être dit, il découle naturellement que le microscope, destiné à la photographie, doit être muni d'un condenseur. L'excellent condenseur d'Abbe,ne suffit pas toujours entièrement ici,excepté pour l'éclairage oblique. On exige d'un condenseur pour microscope photographique qu'il soit achromatique et qu'il donne de la source lumineuse une image aussi étendue que possible, afin que tout le champ soit uniformément éclairé.

Le condenseur achromatique de Zeiss, qui a été spécialement construit pour les besoins de la photographie, remplit parfaitement le but auquel il est destiné.

Dans certains cas nous lui préférons cependant le condenseur apochromatique O. N. 1.4 de MM. Powell & Lealand. Dans d'autre cas encore, comme cela a été indiqué d'ailleurs par M. le Dr. R. Zeiss, on se trouve très bien de l'emploi d'objectifs faibles, achromatiques,

ou apochromatiques, tels que le 16 mill., le A, le AA, etc., de Zeiss. Dans les très faibles grossissements on se sert comme condenseur d'un verre achromatique biconvexe. Tout cela dépend un peu des circonstances, l'essentiel est d'éclairer l'image convenablement, proportionnellement à l'ouverture numérique de l'objectif et sans détruire de détails ou sans provoquer une image courbe et par suite déformée par l'emploi d'un cône éclairant disproportionné.

Le Dr R. Zeiss, dans son traité de photomicrographie, pose en règle générale que, aussi bien pour l'observation directe, que pour la photographie des objets colorés — les bactéries exceptées, — il faut que le cône d'éclairage soit de grandeur telle qu'il remplisse le tiers de l'ouverture libre de l'objectif. On s'en assure en enlevant l'oculaire et en regardant dans le tube du microscope après avoir préalablement placé, devant son œil un verre enfumé pour protéger la rétine contre le trop vif éclat de la lumière. Le verre enfumé est absolument nécessaire quand c'est le soleil que l'on emploie comme source d'éclairage.

3. Dans les deux paragraphes précédents, c'est surtout les objets histologiques que nous avions en vue. Pour les diatomées, au contraire, où l'éclairage oblique est très souvent nécessaire, rien ne peut remplacer le condenseur Abbe, à grande ouverture. Pour l'éclairage axial même, nous nous sommes très fréquemment servi de ce condenseur et fort avantageusement.

Les plaques ordinaires au gélatino-bromure, excellentes pour la reproduction des objets incolores, ne conviennent pas autant quand il s'agit de photographier certains objets, p. ex. les bactéries colorées artificiellement, qui demandent un temps de pose considérable et dont la reproduction est parfois très difficile.

Si l'on pouvait toujours employer des bactéries colorées au *Brun de Bismarck*, la photographie de ces micro-organismes ne présenterait guère de difficultés, car cette couleur, par sa nature peu actinique, permet d'obtenir de très bons clichés par les procédés ordinaires. Malheureusement, beaucoup de préparations de bactéries sont colorées par des rouges d'aniline dont la nature chimique rend impossible l'obtention de clichés suffisamment différenciés. Il fallait donc trouver un moyen de diminuer la puissance actinique des rayons de lumière rouge qui passent au travers des bactéries, de manière à en retarder l'impression sur la couche sensibilisée. Ce problème, que l'on croyait insoluble, a été résolu par M. Henri Schleusner d'Anvers, par un procédé aussi simple qu'ingénieux : tout bonnement par la simple compensation des couleurs ; c'est-à-dire, en plaçant entre l'objectif et la plaque photographique, un verre vert dont la nuance neutralisait le plus parfaitement possible la lumière rouge. Il obtint ainsi

une image composée de bactéries noires sur fond vert, deux couleurs dont l'écart, relativement à la puissance actinique, était bien plus considérable que celui existant entre le blanc-jaunâtre et le rouge de l'image non compensée.

Par ce procédé, les temps de pose deviennent nécessairement très longs, mais les clichés ainsi obtenus ne laissent guère à désirer et ils ont valu à M. Schleusner les vives félicitations du Dr Koch.

Depuis lors on est parvenu également à des résultats satisfaisants en employant, pour photographier les préparations de ce genre, les plaques dites « iso-chromatiques », c'est-à-dire, traitées à l'éosine et où cette substance joue le même rôle que le verre compensateur de M. Schleusner, c'est-à-dire, retarde la venue de certaines couleurs.

Les plaques iso-chromatiques ont été pour la première fois employées en photomicrographie, par M. Schleusner et nous, dans des recherches faites en commun en 1884. Elles sont depuis lors employées par tous les bactériologistes.

Voilà les données principales qui devront guider celui qui commence la photomicrographie. Ici, comme en bien des choses l'on ne peut que donner des indications générales et que chaque travailleur modifie un peu d'après ses convenances et ses aptitudes personnelles. Afin toutefois de donner un nombre d'indications plus grand et plus divers nous avons demandé à trois de nos amis de vouloir bien nous donner une note sur leur façon de travailler.

Ces Messieurs, qui sont les plus habiles photomicrographes de l'Angleterre, peuvent à juste titre être considérés comme les « *Maîtres de l'Art* » ; leurs indications seront d'autant plus précieuses pour nos lecteurs que le champ d'étude de ces habiles travailleurs n'est pas le même. En effet, M. le Docteur Maddox, l'illustre inventeur du gélatino-bromure qui a si heureusement changé le champ de la photographie, s'est occupé d'histologie et de diatomées ; M. Comber s'occupe exclusivement de diatomées et ses épreuves sont regardées comme hors ligne ; enfin M. Andrew Pringle, auteur d'un excellent traité de photomicrographie s'occupe spécialement des bactéries.

Nous conseillons fort aux débutants d'étudier soigneusement ces notes que nous allons donner comme conclusion de ce chapitre.

Note de M. le Dr. R. L. MADDOX. « Comme vous avez exprimé le désir, que je vous dise comment je travaillais en photomicrographie, il faut que je remonte aux jours du collodion. Je ne me rappelle pas exactement la date des premiers essais, mais c'était je crois en 1863-64.

« Aussitôt que possible, j'arrangeai une petite chambre avec fenêtre au Sud, munie de volets ayant deux petits carreaux en verre orange foncé. L'un des volets avait une ouverture centrale pour admettre les rayons solaires projetés du dehors par une camera solaire de

Dubosq ou un héliostat à deux miroirs. Toutes les opérations : collodionner, sensibiliser, exposer et développer se faisaient dans la chambre avec la plus grande facilité. La base ou table, qui supportait la camera solaire, quand on employait le microscope, et le châssis avec ses volets, était faite d'une planche forte, en bois noirci et rebordé en fer, et reposant sur quatre pieds triangulaires arrangés de manière à donner une grande stabilité contre les vibrations quelconques.

« Cette planche avait 5 pieds en longueur et 12 pouces en largeur.

« L'héliostat se posait hors de la fenêtre ouverte ; il était muni de deux miroirs et arrangé de manière à projeter les rayons réfléchis à travers l'axe du microscope placé horizontalement. Quoiqu'avec la camera solaire, il était facile de se servir des rayons solaires convergents, ou d'un faisceau parallèle, ces derniers étaient employés de préférence, et très rarement j'employais la lumière oblique. En dehors du volet, en bas, et exactement sur le trajet de la lumière réfléchie, était souvent placé une cuve verticale à faces parallèles contenant une solution de sulfate de cuivre ammoniacal. La lumière, fournie ou par la camera solaire, ou par l'héliostat, était reçue directement sur le condensateur propre du microscope. Le microscope, du grand modèle Ross, avait des tubes plus larges et plus courts que d'ordinaire et était fixé sur un support en acajou bien dressé. Le tout était soigneusement ajusté de telle manière que tous les axes correspondaient et que les pièces pouvaient glisser entre les guides sur la planche noircie, tandis que les châssis pour les plaques sensibles étaient faits de façon à pouvoir s'incliner en divers sens pour que la surface de la couche sensible pût correspondre en parallélisme, en cas de déviation dans la monture de l'objet. L'image était projetée sur carton bristol et examinée à l'aide d'une loupe.

« Devant le carton était placé un écran, percé au centre, selon la grandeur désirée du champ, et un second écran avec une ouverture beaucoup plus petite était posé plus près du tube du microscope. La mise au foyer exacte se faisait à l'aide d'une baguette fixée sous la planche noire et une corde en soie cirée passant autour de la tête divisée de la vis micrométrique.

« Pour augmenter le grossissement, voyant que la chambre ne permettait pas l'emploi d'une planche plus longue je me servis d'une lentille concave achromatisée, placée, selon la nécessité, entre deux et trois pouces derrière l'objectif, de préférence à un oculaire quelconque.

« En faisant usage de l'appareil de polarisation j'employais la lumière directe de l'héliostat. Quelquefois un large prisme achromatisé était employé en place du condensateur du microscope. Pour les négatifs stéréoscopiques, un demi-diaphragme, capable de rotation autour de l'objectif, était placé devant la lentille antérieure pour les

objectifs faibles ; pour ceux d'un foyer court on s'arrangeait de manière à projeter les rayons du condenseur à petit angle (9° à 13°), aux côtés opposés pour les deux images, souvent il était fort difficile d'illuminer la 2e fois la même partie exactement et au même degré qu'on l'avait fait la première fois.

« Quelques uns des objectifs étaient corrigés, mais d'autres avaient un foyer chimique. De temps en temps quelques changements dans les détails avaient lieu, selon l'occasion. Telle était, brièvement décrite, la manière d'opérer à cette époque.

« Depuis l'année 1871, quand j'annonçai la substitution du gélatino-bromure au collodion, qui deux ans plus tard commença à être une affaire de commerce, et qui, maintenant, a pris une extension extraordinaire dans tous les pays, ma méthode d'opérer peut être décrite comme suit.

« Ayant changé de local, et voyant que les plaques sensibles au gélatino-bromure demandaient des précautions inutiles pour le collodion, je choisis, pour éclairage, la flamme d'une bonne lampe à pétrole, ayant une large mèche. La planche noire, avec ses quatre pieds, étant conservée, j'ajoutai une autre au dessus. Sur cette planche supérieure reposait une chambre noire à soufflet à une hauteur telle que son centre correspondît au centre du tube du microscope placé horizontalement. Pour faciliter l'explication je joins ici un diagramme (fig. 184). Le devant de la chambre noire est fixe et muni centralement de deux tubes en laiton, le plus intérieur, ayant un mouvement à frottement est capable d'une extension suffisante pour entrer dans le tube d'allonge du microscope, ce dernier est un manchon métallique.

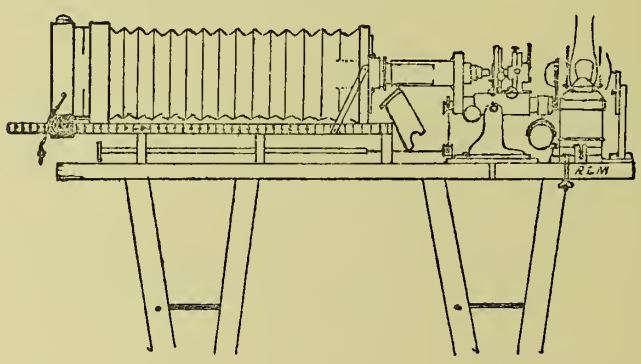


Fig. 184.

« La partie postérieure de la chambre noire, glissant entre des guides sur la planche supérieure, peut-être fixée à toute distance. Les bords de la planche sont divisés en demi-pouces et percés de trous pour la fixation de la chambre noire ; dans l'espace entre les deux planches se trouve une baguette passant à travers des trous dans les supports verticaux de la planche supérieure. Cette baguette se termine en avant par un fil en laiton, ce qui permet un déplacement du bout muni d'une poulie avec très léger bord. Cette poulie, par l'intermédiaire d'une bague en

soie cirée actionne la tête divisée de la vis micrométrique. A l'autre bout, la baguette est munie d'une tête en bois. Cette verge peut glisser facilement, mais sans mouvement trop libre, dans les trous des supports et peut être manipulée sur toutes les parties de sa longueur pour fixer le foyer final. L'espace entre les deux planches est très utile, pour mettre momentanément quelques petits objets sur la planche inférieure. Devant la chambre noire est placé une planchette mince munie d'un aileron central qui s'engage en un trou dans la planche noire ; celà permet à la planchette de sortir de son support et de tourner sur son axe. Cette petite planche est pourvue de guides pour recevoir et retenir exactement en place le pied en acajou bien fixé du microscope.

« La rotation permet l'examen des objets au microscope. Plus en avant se trouve la lampe montée sur un support capable de mouvement en haut et en bas ou vers les deux côtés latéraux. Ces mouvements se font par des vis afin de bien règler l'axe de la flamme avec l'axe de l'objectif. La base du support de la lampe est munie d'une tablette pour soutenir un réflecteur ou miroir métallique. Le verre de la lampe est entouré par un gros tube noirci, et percé en avant et en arrière par un trou en face de l'axe de la flamme. Les bords de ce trou sont en avant munis de rainures permettant de retenir en place un verre coloré. Le support de la lampe peut être fixé plus près ou plus loin du microscope et dans l'intervalle on peut placer une lentille condensatrice pour rendre parallèles les rayons divergents de la flamme.

« Pour l'usage ordinaire du microscope, on emploie un adapteur pour l'oculaire.

« Pour faire une photomicrographie, on prend la précaution de bien centrer l'objet sur la platine et de faire coïncider exactement l'axe du condensateur du microscope avec l'axe de l'objectif. On allume la lampe, centrée d'avance, on détourne la planchette-support, on ôte l'oculaire et on place le microscope, rendu horizontal, entre les guides de la planchette, puis on attache le tube manchon, et on passe la petite corde en soie autour de la poulie sur la baguette avec toutes les précautions possibles. On ferme ensuite la chambre noire et on examine l'image sur le verre dépoli. Si l'objet, par hasard, se trouve décentré, on l'arrange de nouveau, on étire la chambre noire à la longueur nécessaire pour le grossissement désiré ; et on met au foyer par la rotation de la baguette, en même temps que la mise-à-point est vérifiée par l'emploi d'une loupe réglée de façon que son foyer corresponde avec l'avant face de la glace dépolie. Si l'objet est d'une nature délicate, on substituera, au verre dépoli, un verre de la même épaisseur, bien poli, ayant sur sa surface antérieure quelques traits fins, tracés

au diamant. On examine de nouveau l'image pour voir si l'image et les traits coïncident parfaitement. On replace le verre poli par un châssis pourvu d'un ou plusieurs trous, dans lesquels on passe un oculaire ordinaire, sa position ayant déjà été déterminée et fixée de façon à correspondre avec les traits de la glace polie. Dans le corps de la chambre noire est placé un écran percé au centre pour limiter le champ et arrêter tous les rayons qui ne traversent pas l'objet. On attend quelques minutes pour voir si la chaleur de la lampe n'a pas changé le foyer. Alors, après avoir empêché la transmission de la lumière par un carton placé devant le condenseur du microscope, on insère le châssis avec la plaque sensible, et, enlevant le carton, on procède à l'exposition dont la longueur dépend de plusieurs circonstances : de la distance de l'image, de l'objectif employé, de la sensibilité de la plaque sensible, de la nature et de la couleur de l'objet, etc. Après l'exposition j'ai toujours l'habitude de remettre le châssis à glace polie ou dépolie pour examiner de nouveau l'image dans le cas où le négatif obtenu ne correspond pas avec l'image ou que le foyer s'est dérangé. Quelquefois l'éclairage se faisait directement c'est à dire sans autre interposition que celle du condensateur du microscope.

« Quand j'emploie un oculaire à projection, je préfère finir l'ajustement avant de placer le microscope en position. On peut tourner la petite planche, et avec le microscope là dessus, faire l'examen de l'objet étant assis ; mais je préfère opérer de la manière citée en restant debout. Toutes les précautions sont prises pour éviter toute réflexion de la lumière hors de l'axe, par un drap noir pendu sur la muraille et la lumière de la fenêtre est exclue par un rideau obscur. Comme la photomicrographie est un art de détails, les explications deviennent un peu longues. Tout dernièrement j'ai expérimenté une autre méthode d'éclairage qui non seulement diffère de celle qu'on emploie généralement, mais en outre promet pour l'avenir. Sur la surface plane du miroir ordinaire du microscope, j'ai fixé une tablette en porcelaine fine et de parfaite blancheur. L'image des objets étant mise au foyer par la lumière du jour projetée de cette surface, on dirige sur la surface de ce réflecteur les rayons solaires projetés par une grande lentille condensatrice, de manière que les rayons illuminent bien une surface assez large, afin que le mouvement apparent du soleil, pendant l'exposition, ne soit pas apparent dans le négatif. On fait la mise-au-foyer finale pendant l'illumination brillante. Cette méthode m'a donné des résultats auxquels je ne m'attendais pas. Cette manière d'opérer demande une autre installation facile à imaginer. Le développement et les autres opérations se faisaient de la manière ordinaire en photographie.»

Note de M. ANDREW PRINGLE. « J'emploie pour mon travail particulier un appareil construit d'après les mêmes principes que ceux de l'appareil fabriqué par Messrs Swift (fig. 183, page 232). C'est-à-dire, que le bout du tube, portant l'oculaire, est appuyé par un support ferme et rigide. La partie qui porte le tube est longue et forte. La manière de mettre au foyer est différente et le mouvement lent est donné par une vis différentielle de Campbell. Mais les données générales restent toujours les mêmes : la plus grande rigidité possible de toutes les parties combinées avec la plus grande délicatesse de toutes les fonctions.

« Je me sers presque toujours de la lumière oxyhydrique. Le point d'incandescence doit être tout petit et aussi brillant que possible, pour cela j'emploie le jet combiné et un cylindre de chaux aussi dur que possible. J'emploie aussi presque toujours une lentille demi-boule quasi-achromatique, pour paralléliser les rayons de la lumière sur le condensateur.

« Mon condensateur est, tantôt le condenseur achromatique, O.N.1,0, de Zeiss, tantôt l'apochromatique O. N. 1, 4 à immersion dans l'huile, de Powell & Lealand.

« Selon les couleurs de mes objets j'emploie les plaques ordinaires avec une couche bien épaisse d'émulsion au gélatino-bromure, ou les plaques orthochromatiques. Généralement les plaques dites Isochromatiques de M. Edwards me donnent de bons résultats, mais pour des objets fortement colorés il me faut des plaques traitées avec une solution aqua-ammoniacale de cyanine à la dose de 1 pour 10000. Je préfère les objectifs apochromatiques à tous les autres pour toute espèce de photomicrographie.

« Ordinairement j'emploie le développateur à l'hydroquinone alcalinisé par un alcali caustique tel que l'hydrate de potassium.

« Mais pour certains objets et pour des résultats spéciaux, j'emploie d'autres révélateurs, par exemple le pyrogallique ou l'Iconogène.

« Pour les diatomées, desquelles je n'ai qu'une expérience limitée, et pour les bactéries, dont j'ai grande expérience, j'use généralement l'hydroquinone caustique, formule Thomas, diluée avec 50 ou 75 pour cent d'eau, selon les circonstances.

« Pour filtrer la lumière en traitant les objets colorés, j'emploie une grande variété de couleurs, p. ex., des verres jaunes, bleus, roses, le liquide de Zettnow, etc., toujours en ayant égard aux couleurs de l'objet. Pour réussir complètement, je crois qu'on doit employer les meilleurs appareils avec le maximum d'habilité en microscopie et en photographie. »

Note de M. COMBER. « L'héliostat, avec lequel je travaille, consiste en un mouvement d'horlogerie ordinaire, en cuivre, pourvu d'un mouvement spécial, de manière que son axe tourne une fois, au lieu

de deux fois, dans les 24 heures. Il est incliné sous un angle correspondant à la latitude de la station dans laquelle il est employé, de manière que, quand son point supérieur est tourné au Sud, l'heure est dans le plan de l'équateur, et son axe parallèle à l'axe de la terre.

« Son mouvement compense alors exactement la rotation de la terre. Un petit réflecteur plan, de métal poli, est monté sur l'axe et muni d'un mouvement universel ; et, quand ce miroir est placé de façon à réfléchir les rayons du soleil dans la direction qui est montrée par l'axe, c'est-à-dire, vers le pôle nord du ciel, le rayon reste sans aucun mouvement apparent.

« Là où le rayon solaire traverse l'axe optique du microscope, est placé un miroir (plan) fixe, incliné sous un angle (la moitié de la latitude de la station) tel qu'il réfléchisse horizontalement le rayon le long de l'axe du microscope.

« Dans l'emploi de l'appareil les points essentiels, que j'ai coutume d'observer avec grand soin, outre la correction de l'objectif et l'ajustement de l'oculaire à projection à la distance de la plaque sensible, sont les suivants :

1° Que l'axe optique de l'appareil entier soit dirigé au Nord et au Sud. Ceci est nécessaire pour assurer un rayon illuminateur immobile.

2° Que le condensateur achromatique soit exactement centré et le cône d'éclairage absolument axial, car, un léger degré d'obliquité peut produire « des franges de diffraction » et donner naissance à des images plus ou moins fausses.

3° Qu'aucune lentille insuffisamment achromatisée ne fasse partie du système. L'emploi du condenseur demi-boule ordinaire, qui a été recommandé par quelques personnes, peut, à mon avis, produire de l'aberration et par suite une image plus ou moins troublée.

4° L'ouverture du cône d'éclairage doit varier selon l'objectif employé et la nature de l'objet.

« En employant mon objectif 2^{mm} Zeiss, apochromatique O. N. 1.43, mon expérience est que la meilleure délinéation, des objets de faible épaisseur, tels que les tests de diatomées, est rendue, quand le cône d'éclairage est tel qu'il remplisse à peu près les $^2/_3$ de l'arrière lentille de l'objectif. Mais pour des objets d'une épaisseur considérable, un cône plus ou moins étroit est nécessaire. En règle générale, un cône très étroit produit une obscurité provenant, je pense, de certaines imperfections dans la correction de l'objectif. Je serais très heureux de posséder un objectif qui soutiendrait un cône éclairant aussi grand que son ouverture numérique.»

CHAPITRE III.

Causes d'erreurs dans les observations microscopiques.

§ 1. — Irisation et diffraction.

L'irisation qui, il n'y a pas encore longtemps, rendait impossible, pour les observations sérieuses, l'emploi du microscope composé, n'existe plus pour ainsi dire. C'est à peine si, dans les objectifs construits par nos bons opticiens, il reste encore quelque coloration produite par le spectre secondaire et qui n'est point nuisible, si ce n'est pour la photographie. C'est pour cela que, pour ce dernier travail, rien ne peut égaler les objectifs apochromatiques.

L'irisation ne peut donc plus occasionner de troubles si ce n'est dans le cas où l'on emploierait une lumière trop vive et alors on la fera toujours disparaître en réglant convenablement l'éclairage.

Nous ne pouvons en dire autant des effets produits par la diffraction, à savoir l'existence illusoire de contours doubles autour des objets, et qui est d'autant plus forte que le grossissement employé est plus considérable. Quelquefois, au lieu d'un contour double, on en aperçoit un triple et même un quadruple. Un observateur exercé ne sera jamais trompé par les phénomènes de diffraction. Il y a d'ailleurs un moyen facile pour s'assurer de l'existence réelle des lignes apparentes, c'est d'éclairer successivement l'objet, quand la chose est possible, par transparence ou comme si cet objet était opaque. On comprendra que, dans ce dernier cas, par suite de la nature même de ces lignes, il n'en restera plus le moindre vestige.

On peut encore s'assurer de l'existence réelle d'une ligne en changeant la direction de l'éclairage. Ainsi, en éclairant obliquement alternativement du côté gauche et du côté droit, la ligne, si elle est réelle, ne changera pas ; elle disparaîtra au contraire ou ira d'un côté à l'autre si elle est illusoire.

Au reste on évitera en grande partie les effets de diffraction en n'employant pas un éclairage trop énergique et surtout en rejetant absolument la lumière solaire.

§ 2. — Mouches volantes, impureté des verres.

Les observateurs voient fréquemment, surtout quand on se sert d'une lumière vive et artificielle, des traînées de points obscurs, souvent semblables à des rangées de perles enfilées, (fig. 185) qui viennent se fixer opiniâtrement sur l'objet que l'on étudie. C'est ce que l'on appelle les *mouches volantes*, et ces images sont produites par des filaments ou des corpuscules placés dans le corps vitré de l'œil et dont l'ombre est projetée sur la rétine. L'existence dans l'œil de ces corps est démontrée par les recherches faites en commun par MM. Harting et Schroeder Van der Kolk. Il est probable que personne n'est exempt de mouches volantes et elles n'ont rien qui doive inquiéter.

L'expérience nous a prouvé que l'usage du microscope ne les augmente pas, car les mouches qui nous ennuient parfois aujourd'hui sont les mêmes que nous apercevions il y a quinze ou vingt ans. Elles n'ont point augmenté et le dessin que nous en fîmes dans le temps les montre à peu de chose près comme nous les voyons actuellement.

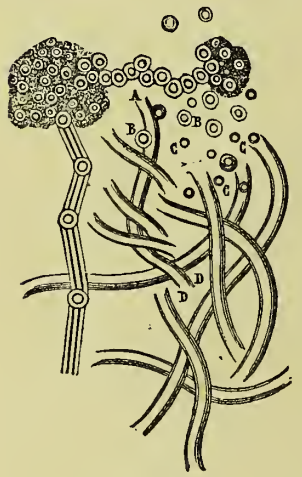


Fig. 185.

Les mouches volantes sont plus visibles et plus tenaces un jour que l'autre ; une vive lumière ou une fatigue physique les rendent plus apparentes. Nous apercevons parfois ces mouches à la lumière ordinaire, en regardant le ciel ou une surface fortement éclairée telle que la terre couverte de neige. D'autres fois, malgré les recherches les plus fatigantes sur les diatomées, nous restons des semaines entières sans nous apercevoir de leur existence.

Il y a une vingtaine d'années, après des observations prolongées du disque solaire, nous eûmes une congestion de la rétine et des mouches volantes tellement abondantes que, pendant tout un temps, nous ne pûmes nous livrer à une observation sérieuse. M. Harting nous conseilla d'adapter un oculaire coudé au microscope, afin que les corpuscules s'éloignassent de l'axe de l'œil et ne gênassent pas la vision.

Ce moyen nous réussit parfaitement, et nous le conseillons à quiconque se trouverait dans le même cas.

Ce qu'il y a de mieux à faire lorsqu'on est trop ennuyé par les mouches volantes, c'est de suspendre les observations. Quelques instants de repos suffisent quelquefois pour que tout rentre dans l'ordre.

Nous répétons donc qu'il ne faut point s'inquiéter des mouches volantes, elles ne sont point produites par l'usage du microscope et elles

n'indiquent point une maladie de l'œil comme on se l'imagine souvent.

Des grains de poussière adhèrent souvent aux lames des porte-objets de même qu'aux objectifs et aux oculaires. Avec quelque attention ils ne peuvent pas occasionner d'erreurs. On reconnaîtra facilement l'endroit où ils se trouvent en faisant tourner l'oculaire sur son axe et en mouvant le porte-objet. Des grains de poussière sur les lentilles de l'objectif rendent l'image trouble.

Lorsqu'on examine sous le microscope un liquide contenant des corpuscules très ténus, on voit ceux-ci changer de place comme si c'étaient des objets animés.

En observant le mouvement avec beaucoup d'attention, l'on voit bientôt qu'il se réduit à une espèce d'oscillation des corpuscules. Ces déplacements qui sont un phénomène d'attraction moléculaire ont été désignés sous le nom de mouvement moléculaire ou *mouvement Brownien.*

§ 3. — Les défauts de l'œil.

L'astigmatisme. L'œil humain est rarement parfait, peut être même ne l'est-il jamais. Le défaut principal et dont il est toujours plus ou moins entaché, se nomme *Astigmatisme* et qui est occasionné, le plus souvent, par la courbure inégale des différents méridiens de la cornée.

Fig. 186.

Si l'on regarde d'un seul œil (en tenant la main devant l'autre) la figure ci-contre (fig. 186) tenue à la distance de la vision normale. on verra alors que les lignes noires ne sont ni également noires ni également nettes partout : une certaine partie paraîtra grise et plus ou moins diffuse et cette partie diffuse ne sera probablement pas la même pour chacun des yeux.

Il sera bon d'examiner l'œil dont on se sert pour les observations et de placer dans la direction où les lignes paraissent le plus nettement, les détails fins (p. ex. les stries des diatomées) que l'on aura à étudier.

Nous eûmes, il y a quelques années, une occasion d'observer l'influence énorme que peut exercer l'astigmatisme sur la vision des fins détails. A maintes reprises nous avions essayé de montrer les stries transversales de l'*Amphipleura* à un diatomiste très compètent et très habile. Toujours il nous déniait l'existence des stries que nous voyions d'une façon parfaite.

Il nous vint alors à l'idée que l'astigmatisme devait jouer son rôle dans cette affaire et l'examen de ses yeux vint confirmer notre croyance : l'œil de notre ami était fortement déformé dans le sens où la valve était placée. Il nous suffit de faire décrire un quart de tour à la diatomée pour que les lignes apparussent avec la plus grande netteté à notre observateur.

CHAPITRE IV.

Conservation du microscope.

Le microscope est un instrument délicat et dont il faut prendre grand soin si l'on veut qu'il garde sa valeur primitive. Nous croyons donc utile de dire quelques mots à ce sujet.

On conservera l'instrument sous une cloche de verre. De cette façon, il sera à l'abri de la poussière, qui pénètre dans les boîtes les mieux faites, et il sera toujours sous la main et prêt pour les observations. En outre, il est impossible d'ôter et de remettre fréquemment l'instrument dans sa boîte sans lui faire subir, soit quelques petits chocs, soit parfois une position un peu forcée, ce qui au bout de quelque temps amène inévitablement le décentrage.

Les lentilles étant la partie essentielle du microscope, on en prendra le plus grand soin. Si elles sont couvertes de poussière, on enlèvera celle-ci soigneusement au moyen d'un pinceau bien propre et préalablement débarrassé de toute graisse par un lavage à l'éther.

C'est une excellente précaution que d'épousseter les lentilles chaque fois qu'on les met de côté après s'en être servi.

Si quelque humidité ou quelque impureté s'était attachée aux lentilles, on les essuierait délicatement avec un linge fin à demi usé. La peau de chamois, qu'on emploie parfois à cet usage, ne vaut rien à cause de la graisse dont on ne parvient jamais à la débarrasser complètement.

Il ne faut jamais employer des réactifs sans faire usage d'un couvre-objet, et il faut toujours s'assurer si le liquide ne mouille pas l'objectif qui pourrait être terni et se corroder. Si pareille chose arrive, il faut de suite laver la lentille avec de l'eau distillée et l'essuyer soigneusement. De même on risque de gâter la lentille inférieure des objectifs à immersion si on néglige de l'essuyer avant de la mettre de côté.

Les objectifs homogènes se nettoyent à l'aide d'un linge mouillé de benzine.

Il faut aussi en général préserver le microscope de toute espèce

de vapeur. Si le corps du microscope glisse difficilement, on l'humectera soit avec l'haleine, soit avec un peu de salive et on l'essuiera de suite avec un linge en frottant vivement. On en fera autant pour le tube dans lequel glisse le corps de l'instrument.

Un point important, c'est de ne jamais mettre l'instrument de côté en y laissant un objectif sans y laisser en même temps un oculaire ; faute de cette précaution, des grains de poussière pénètrent, quoiqu'on fasse, dans le tube et vont se poser sur la lentille supérieure, ce qui force à la nettoyer ; or, on sait que plus on doit avoir recours au nettoyage, plus on s'expose à détériorer les lentilles.

Enfin une dernière recommandation. Que la température de l'appartement ne soit ni trop chaude, ni trop froide ; qu'elle ne dépasse pas, autant que possible, 20 à 30 degrés au-dessus, ni 1 à 2 degrés au-dessous du point de glace, afin que les variations de température ne puissent altérer le baume de Canada qui relie les lentilles de l'objectif. Il faut en tout cas préserver l'instrument des variations brusques de température qui sont bien plus nuisibles que les variations lentes.

Les objectifs apochromatiques demandent des soins spéciaux. Plusieurs des verres, qui entrent dans leur composition, sont très tendres et très attaquables. MM. Zeiss déconseillent leur emploi dans les régions tropicales ; il faut donc les préserver de toute vapeur quelque peu caustique ou acide qu'elle soit. Il faut aussi, surtout avec le 1.6, éviter tout frottement, car, le flint est rayé très facilement.

En nettoyant une lentille il faut toujours frotter en cercle, une raie produite parallèlement à la circonférence est moins grave qu'en travers de la lentille.

LIVRE IV.

CHAPITRE I.

NOTIONS GÉNÉRALES SUR LA PRÉPARATION DES OBJETS MICROSCOPIQUES.

§ 1. MILIEUX POUR L'OBSERVATION, LA PRÉPARATION ET LA CONSERVATION DES OBJETS MICROSCOPIQUES.

Les objets, que l'on veut étudier au microscope, se déposent sur une lame de verre que l'on désigne sous le nom de *lame* ou de *porte-objet* ou de *slide*, qui est le mot dont se servent les anglais, et on le recouvre d'une deuxième lame, plus petite, en verre très mince et qui porte le nom de *lamelle*, *couvre-objet*, *cover* ou *cover-glass*.

On ferait bien de se borner, comme cela a été proposé par M. le Prof. Léo Errera, aux deux seuls mots de lame et de lamelle.

On adopte deux formats principaux pour les lames ; le format dit de Giessen (48 × 28 mm.) qui n'est guère employé qu'en Allemagne et le « format anglais » où les lames ont 25 millimètres de largeur et 76 mm. de longueur. On achète ces lames toutes faites et rodées sur les bords, le rodage prévient les blessures qu'on peut se faire aux mains et préserve également la platine des égratignures.

Les lamelles sont de grandeurs variées ; pour le travail courant on emploie les lamelles carrées de 21 ou de 18 mm. de côté. Pour les préparations de luxe ou les préparations dans les milieux résineux etc., on prend des lamelles rondes de 15 ou de 12 1/2 mill. de diamètre.

L'épaisseur des lamelles pour le travail courant est de un et demi-dixièmes de millimètre environ.

Les lames du commerce sont d'épaisseur très variable, mais pour des travaux délicats, l'épaisseur doit être au maximum de un millimètre sinon on ne peut employer convenablement certains condenseurs à grand angle.

L'objet ne doit jamais être examiné à sec, mais, il doit être immergé dans un liquide approprié, c'est-à-dire, qui n'exerce pas d'influence sur lui, par exemple, si c'est une substance organique qui

ne la fasse pas gonfler par suite d'imbibition ou qui ne lui enlève pas d'eau ou, encore qui ne la dissolve pas.

Pour l'examen superficiel des organes végétaux, l'eau est un liquide très convenable et c'est le liquide qu'on emploie dans un grand nombre de cas. Mais l'eau ne suffit généralement pas, certains tissus demandent à être *éclaircis*, c'est-à-dire, à être rendus plus transparents, l'eau ne suffit pas non plus pour la conservation postérieure des tissus. Il faut donc avoir recours, selon les cas, à des mediums conservateurs très différents. Nous allons examiner ci-après ceux que nous employons le plus souvent.

1. Milieux aqueux et oléagineux.

1° *Chlorure de calcium.* — Il s'emploie en solution. Les proportions sont d'une partie de chlorure et de trois parties d'eau distillée. La solution est filtrée et bien garantie de la poussière. On s'en sert pour les objets transparents. Le chlorure de calcium qui était énormement employé il y a une vingtaine d'années, ne s'emploie plus que rarement aujourd'hui.

2° *Glycérine.* — La glycérine s'emploie pure. Il faut qu'elle ne contienne aucune impureté. On s'en sert pour les objets peu transparents, tels que les coupes en bois, etc., et aussi pour la préparation des fécules qui s'altèrent dans le chlorure de calcium.

3° *Gelée à la glycérine.* — La gelée à la glycérine est un excellent médium pour tous les tissus végétaux qui ne demandent pas à être éclaircis notablement. Les anglais l'emploient depuis très longtemps. Les Allemands lui ont donné le nom de « *Gélatine de Kaiser* » Sa préparation est très simple. On prend une partie de la meilleure gélatine et on la met gonfler dans six parties d'eau. Au bout de 24 heures le tout est chauffé au bain-Marie jusqu'à dissolution parfaite, puis on y ajoute sept parties de glycérine distillée et un centième d'acide phénique. On remue jusqu'à ce que le mélange soit parfaitement homogène et on filtre à travers de l'ouate de verre. La gelée se conserve dans des flacons à large goulot fermant bien pour éviter l'accès de la poussière.

4° *Eau camphrée.* — C'est le seul liquide que nous ayons trouvé pour conserver les spirales délicates de chlorophylle qui se trouvent dans certaines algues, telles que les *Spirogyra.* Ces spirales sont détruites par toute autre solution. Pour préparer l'eau camphrée, nous prenons un flacon à moitié rempli d'eau, nous y versons trois ou quatre gouttes d'alcool camphré et nous secouons fortement. On remet de l'alcool camphré et on secoue ainsi un certain nombre de fois jusqu'à ce qu'une couche assez considérable de camphre en

poudre surnage. Le liquide est alors filtré et conservé dans un flacon fermant parfaitement.

5° *Eau saccharinée.* — L'eau camphrée, quand la fermeture n'est pas parfaite, laisse, à la longue, échapper le camphre qu'elle contient et alors ne suffit plus à conserver les objets.

Les essais que nous avons fait depuis trois ans nous montrent qu'on peut très bien la remplacer par une solution, faite à chaud, d'un gramme de saccharine dans un litre d'eau. Cette solution se conserve indéfiniment.

6° *Huile fine.* — Nous employons l'huile fine dont se servent les horlogers, au lieu des huiles essentielles recommandées par la plupart des auteurs. Les avantages que nous y trouvons, c'est de pouvoir employer comme lut le vernis noir ordinaire et de faire facilement les préparations. On emploie l'huile pour les pollens, l'aleurone et quelques autres objets ;

7° *Liquide n°* 28. — Nous avons imaginé ce liquide, il y a une vingtaine d'années, pour les préparations d'histologie animale, mais depuis nous avons trouvé qu'il était parfait pour bon nombre de substances végétales ; pour les préparations de drogues servant aux recherches de matière médicale microscopique, nous trouvons qu'il n'y a rien qui l'égale. Lorsqu'il est employé en nature, non additionné d'eau, il jouit de la précieuse propriété de ne pas s'évaporer : nous avons conservé pendant plusieurs années une série de préparations d'objets divers, simplement placés dans une goutte de ce liquide entre le porte-objet et la lamelle sans aucune fermeture et nous ne pûmes y trouver après ce temps la moindre altération. Pour employer ce liquide, on en prend une partie que l'on étend de son volume d'eau, et ce deuxième liquide est mis de côté, renfermé dans un flacon. Au moment de l'emploi, l'objet est déposé dans un verre de montre recouvert d'une petite quantité du liquide. On abandonne le tout pendant quelques minutes ou quelques heures (d'après le plus ou moins de transparence de l'objet) à l'évaporation spontanée. Lorsque l'objet est devenu assez transparent, on le prépare d'après la méthode habituelle dans le liquide même où il s'est éclairci, ou bien on le prépare, s'il n'est pas absolument trop transparent, dans une goutte du liquide n° 28.

Voici comment nous le préparons pour les substances végétales :

Sucre de miel incristallisable et épaissi par ébullition à 33 degrés du pèse-acide	300 grammes.
Acide acétique cristallisable	25 »
Alcool à 90 degrés	50 »

Ajoutez de l'eau distillée jusqu'à ce que le liquide marque 28 degrés au pèse-acide.

Pour que le sucre de miel soit bon, il faut qu'il soit âgé. On se

procure chez un droguiste le liquide qui surnage sur le miel, c'est là ce que nous entendons par sucre de miel. Ce liquide est abandonné à lui-même dans un flacon, pendant quelques mois, et après, on en sépare la partie supérieure qui est celle que l'on utilise.

2. Milieux résineux.

1° *Baume de Canada.* — Employé rarement, si ce n'est pour les diatomées et les objets fort opaques. On conserve avec avantage le baume du Canada dans un flacon, de forme particulière, représenté dans la figure 187 ci-contre.

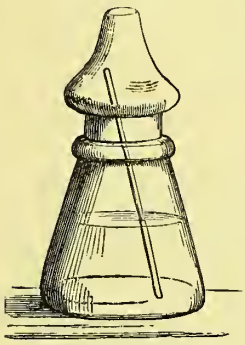


Fig. 187.

2° *Styrax et Liquidambar.* Nous avons introduit ces deux substances dans la technique microscopique en 1883(1), en remplacement du baume du Canada. Elles ont été promptement adoptées par les diatomistes qui actuellement n'emploient plus le Baume de Canada qui, au bout d'un certain temps, jaunit et se résinifie tandis que les nouveaux produits se conservent inaltérés et deviennent, par l'âge, absolument incolores.

Le styrax est le Baume donné par le *Liquidambar Orientalis Mill.* de l'Asie mineure et le Liquidambar est fourni par le *Liquidambar Styraciflua L.* de l'Amérique du Nord.

Nous donnons ici la note complémentaire que nous publiâmes sur ces mediums, en juillet 1884.

« Depuis la publication de la note que nous eûmes l'honneur de présenter à la Société dans le courant de l'année dernière, les nouveaux produits que nous fîmes connaître ont trouvé le meilleur accueil auprès des micrographes. Les diatomophiles les plus compétents emploient aujourd'hui exclusivement le styrax et de nombreuses notes ont été publiées en Allemagne, en Amérique, en Angleterre et en France, pour en recommander l'emploi.

« ... De nombreux mediums, écrit le célèbre préparateur A. C. Cole (2), tels que le phosphore, la naphtaline monobromée et d'autres, ont été essayés, mais il est inutile d'entrer dans des détails sur ces substances, depuis que le résultat cherché a été obtenu il y a quelque temps par le Dr Van Heurck, qui a réussi à trouver dans le styrax, un admirable remplaçant du baume de Canada. On trouvera probablement que les diatomées montées dans le styrax sont moins sujettes

(1) Bulletin de la Soc. belge de microscopie, 30 Juin 1883.

(2) A. C. Cole, *The methods of microscopical research.*, Londres 1884.

à s'altérer que celles préparées au baume de Canada. Ce dernier medium devient résineux au bout d'un certain temps et les couvre-objets se détachent du medium ; de là, les reflets irisés qu'on remarque souvent dans les préparations, et qui sont non seulement déplaisants à l'œil, mais indiquent aussi l'altération. Le styrax, au contraire, peut être considéré comme complètement permanent et inaltérable. Le styrax purifié contient une substance granuleuse qui doit être éliminée par une dissolution dans le chloroforme et une filtration subséquente. La solution de styrax, ainsi obtenue, est employée comme la solution de baume de Canada, mais la première est beaucoup plus facile à employer et ne donne pas lieu à la production de bulles d'air, etc... »

« M. Dippel (1) a également recommandé le styrax et M. Grunow (2) constate que les formes difficiles, préparées au styrax, montrent les détails presqu'aussi bien que dans les préparations à sec, qui sont aujourd'hui généralement condamnées à cause de l'altération qu'elles subissent inévitablement au bout de peu de temps.

« M. Kitton (3) a démontré que le styrax montre nettement, dans certaines diatomées (par exemple, dans le *Polymyxus coronalis, Bail.*), des détails de structure qui ne sont visibles ni dans les préparations à sec, ni dans celles faites au baume de Canada. Le même diatomographe recommande le styrax pour la préparation des tiges ligneuses, des insectes, etc., et M. le professeur Strasburger (4) recommande le même produit pour les diatomées et pour rendre visibles les détails du noyau des cellules végétales, préalablement coloré par l'hématoxyline. La solution de styrax dans le chloroforme, écrit ce savant botaniste, possède l'indice élevée de 1.63 ; la coloration de l'hématoxyline s'y conserve très bien, le cystoplasme devient invisible, tandis que les détails du noyau apparaissent avec la plus grande netteté (5).

« Le styrax est donc appelé à jouir un rôle considérable dans le laboratoire du micrographe et nous sommes heureux de pouvoir faire connaître aujourd'hui une nouvelle qualité de cette substance : bien loin de se colorer davantage par le temps et la lumière comme le fait le baume de Canada, les préparations au styrax deviennent au contraire absolument incolores. Pour la publication de nos « types de diatomées » (publication arrivée aujourd'hui au n° 275), nos

(1) Dippel, *Botanische centralblatt*, 1883.
(2) Grunow, *Botanische centralblatt*, 1883.
(3) Kitton, *Science Gossip*, 1883.
(4) E. Strasburger, *Das botanische Practicum*, Iéna 1884,
(5) E. Strasburger, *Das botanische Practicum*, Iéna 1885.

préparateurs ont déjà confectionné plusieurs milliers de préparations et nous constatons qu'aujourd'hui les premières séries sont absolument décolorées. Cette décoloration confirme l'utilité de notre recommandation d'exposer le styrax brut pendant quelque temps à l'air et à la lumière.

« Dans notre note précédente, nous avons exprimé le regret que le liquidambar, qui surpasse le styrax en beauté, facilité de maniement et élévation de l'indice, ne pût être obtenu en Europe. Depuis lors, grâce aux recherches d'un de nos meilleurs amis, M. le Dr José Clairac, chef du laboratoire d'histologie de l'hôpital militaire de la Havane, nous avons pu obtenir le liquidambar brut en quantité.

« Dans cet état, le liquidambar se présente sous forme de masse pâteuse, grisâtre, contenant de nombreux fragments de bois et d'écorce; il est très semblable, pour l'aspect, au styrax brut.

« Le liquidambar brut doit être traité à chaud, au bain-Marie, par un mélange à parties égales de benzine véritable de la houille et d'alcool absolu (1). La solution est filtrée et évaporée à une température telle, que la masse devienne légèrement cassante à environ 10° (2). On reprend ensuite la masse par le même dissolvant que ci-dessus, La solution doit être très fluide.

« Quoi qu'il en soit, voici comment nous employons actuellement les solutions de styrax et de liquidambar.

« Nous commençons par placer les couvre-objets sur une grande plaque de verre, et sur chacun d'eux nous plaçons à l'aide d'une pipette une large goutte d'eau distillée sur laquelle nous laissons tomber doucement une goutte du liquide diatoméifère (3). Les diatomées s'éparpillent dans la goutte d'eau distillée, qui, au besoin, est remuée délicatement.

« Les couvre-objets ainsi chargés de diatomées sont recouverts d'une cloche de verre et abandonnés à l'évaporation spontanée.

« Lorsque celle-ci est parfaite, les couvre-objets, pris un à un, sont chauffés au rouge sur une lame de platine, puis remis sur la grande plaque de verre ; ils reçoivent ensuite une goutte d'une solution très fluide de styrax ou de liquidambar et sont de nouveau abandonnés sous la cloche à l'évaporation.

« Peu d'instants après la couche blanchit. mais on n'a pas à s'in-

(1) Nos dernières recherches nous ont démontré que ce mélange est également le meilleur dissolvant du styrax. La benzine ou l'alcool pris isolément ne suffisent pas.

(2) Sans cette opération préalable les préparations ne durciraient pas.

(3). Nous conservons nos diatomées dans de l'alcool que nous décantons avant l'emploi et remplaçons par de l'eau distillée.

quiéter de ce phénomène (qui n'arrive pas avec la solution dans le chloroforme) et au bout de vingt-quatre heures, la benzine est complètement évaporée. Le couvre-objet est alors placé sur le porte-objet et chauffé faiblement, de préférence sur un bain-Marie. Une légère pression, à l'aide d'une presselle, chasse les bulles d'air, s'il y en a, ainsi que le medium superflu que l'on enlève après refroidissement.»

3. Médiums chimiques.

1° *Monobromure de Naphtaline.* — Le monobromure de Naphtaline a été introduit dans la technique microscopique en 1880 par M. le Prof. Abbe.

Cette substance, qui se montre sous forme d'un liquide incolore, oléagineux, rappelant l'odeur peu agréable de la naphtaline — mais à laquelle on s'habitue facilement — a pour indice 1,658. On l'emploie pour la préparation des diatomées, de même que pour liquide d'immersion pour l'objectif de O. N. 1.60.

La naphtaline monobromée n'est pas volatile, mais elle très légèrement irritante pour les yeux ; il faut donc avoir soin de ne pas les toucher avec les doigts pendant qu'on manie ce liquide.

La naphtaline monobromée dissout la plupart des corps résineux. Il faut donc fermer les préparations, par quelques couches de colle forte liquéfiée et lorsque cette dernière est bien sèche donner, postérieurement, au dessus, quelques couches d'une épaisse solution de gomme laque.

La naphtaline monobromée, de même que les autres milieux chimiques dont il sera question ci-après, s'emploie spécialement pour les diatomées.

Un corps quelconque plongé dans un liquide est d'autant plus visible qu'il y a plus de différence entre leurs indices de réfraction respectifs.

On admet que l'indice de la silice des diatomées est 1.43.

L'indice de l'eau est 1.33, la différence entre les deux indices, soit donc 10 exprime la visibilité des diatomées dans l'eau.

Le baume de Canada a pour indice 1.54, la visibilité correspondante est donc 11.

Le styrax pur a 1.6, par suite la visibilité est 17.

Le monobromure ayant 1.66, la visibilité est 22.

2° *Iodure de Méthyle.* L'iodure de méthyle est un liquide incolore, très dense (2,27 à 22°) un peu volatil, et dont l'odeur rappelle celle du chloroforme, et, en même temps, un peu l'iodoforme.

L'indice de réfraction est 1,743 et, par suite la visibilité est 31.

En saturant l'iodure de méthyle de soufre l'indice monte à 1,787, on n'a donc pas moins de 36 pour visibilité.

L'iodure de méthyle est destiné a jouer un rôle notable en micrographie. Il servira de liquide d'immersion pour le prochain objectif à haut indice qui sera construit par la maison Zeiss, à moins que d'ici là on ne découvre un liquide à indice encore plus élevé, ce qui est peu probable.

3° *Médium à haut indice* 2.4. *ou médium arsenical.* C'est en 1884, que notre ami M. le professeur H. L. Smith, fit l'importante découverte de son medium jaune à haut indice. Ce n'est pas sans raison que nous qualifions cette trouvaille « d'importante », il faut en effet, s'occuper de l'étude des diatomées et avoir constaté combien était difficile, je dirais volontiers, presque impossible, l'étude de la striation des formes minuscules, pour apprécier quel service le savant américain a rendu aux diatomographes.

Le médium jaune du professeur Smith, est du réalgar dissous dans le bromure d'arsenic. Ce n'est point toutefois le produit qu'on entend dans le commerce sous le nom de réalgar, c'est-à-dire la substance à cassure vitreuse, d'un jaune brûnâtre et opaque ; mais bien l'espèce Réalgar des minéralogistes, d'un beau jaune rougeâtre et parfaitement transparente.

M. H. L. Smith, lorsqu'il nous fit connaître la formule de son medium, produisait ce réalgar en fondant deux parties de soufre et une partie d'arsenic métallique et en maintenant la masse en fusion, au rouge, pendant plusieurs heures.

Après avoir ainsi fait le réalgar, à plusieurs reprises, nous apprîmes qu'on pouvait obtenir ce produit plus facilement, et en même temps plus beau, en fondant ensemble une partie de soufre et 1,7 parties d'acide arsénieux, dans une cornue, et en élevant la température jusqu'au point où le produit distille. Le réalgar ainsi obtenu, par distillation, présente tout à fait l'aspect de l'espèce minérale.

Ce réalgar est ensuite dissous à chaud dans un tube à réaction, dans du tribromure d'arsenic obtenu également par distillation, et l'on produit ainsi un liquide sirupeux, d'un jaune verdâtre, presque noir quand on le voit en masse.

Les diatomées étant fixées au couvre-objet par dessiccation, on les recouvre d'une goutte de medium liquide, on le retourne sur la lame et cette dernière est fortement chauffée à la lampe à alcool. Des bulles de fort volume se produisent et le médium devient d'un rouge foncé en même temps que le bromure d'arsenic se volatilise.

Lorsqu'il ne se forme plus guère de bulles et que le bromure d'arsenic est complètement volatilisé, on cesse de chauffer, on appuie légèrement sur la lame et on laisse refroidir très lentement.

En se refroidissant, le médium perd sa couleur rouge et finalement, n'a plus qu'une teinte jaune pâle.

Tel est le mode opératoire, il n'est pas difficile, mais il faut se mettre à l'abri des vapeurs dangereuses qui se dégagent pendant l'opération.

Le médium préparé, suivant la façon indiquée ci-dessus, a deux inconvénients graves : d'abord le liquide s'altère très promptement, et on ne peut guère le conserver que dans des tubes scellés à la lampe ; ensuite les deux tiers des préparations se gâtent, souvent très rapidement, sans qu'on puisse trouver la cause de cette altération.

Pour remédier à ces défauts, nous avons fait des essais nombreux, et nous avons enfin trouvé un mode de préparation qui donne un produit solide, se conservant sans altération dans un flacon bouché à l'éméril ; les préparations que nous en avons faites, se sont conservées également jusqu'ici en parfait état.

Voici comment nous préparons notre produit.

Dans un ballon ou matras en verre on fait dissoudre 30 parties en poids de fleur de soufre dans 10 parties de brome et l'on obtient ainsi une solution de soufre dans le bromure de soufre ($S^2 Br^2$).

Après combinaison parfaite, on ajoute 13 parties d'arsenic métallique réduit en poudre impalpable et l'on chauffe jusqu'à ce que l'arsenic soit complètement dissous.

La masse est ensuite versée dans une capsule de porcelaine et chauffée à feu nu, en remuant constamment à l'aide d'une baguette en verre, jusqu'à ce qu'une gouttelette, refroidie, soit très cassante.

A ce moment on verse le medium sur une assiette froide, en l'éparpillant ; après refroidissement on divise la masse en fragments que l'on conserve dans un flacon bouché à l'émeri.

Le produit, qui forme une belle masse vitreuse d'un jaune verdâtre, est ce que nous nommons le premier degré.

L'indice de réfraction est $ND = 2.1203$ soit donc 2.12, d'après la mensuration qu'on a eu l'obligeance d'en faire dans les ateliers de M. Zeiss.

En chauffant plus longtemps jusqu'à ce que la masse devienne très épaisse, on obtient :

$$ND = 2.2534 \text{ soit donc } 2.25.$$

Pendant la préparation de l'objet, une partie du soufre se volatilise, et, en chauffant convenablement, l'indice peut monter à 2.4.

Ces deux produits peuvent s'employer tels quels, mais ils sont, surtout le second, assez difficiles à fondre, on peut, si l'on veut, au moment de l'emploi les dissoudre préalablement dans un peu de bromure d'arsenic, mais alors on peut rencontrer les inconvénients du du médium primitif du professeur H.-L. Smith.

Nos observations montrent que les préparations au médium arsénical ont la plus grande tendance à s'altérer. Pour les conserver intactes il faut observer les points suivants :

1. Les préparations doivent doivent être faites par un temps très sec, en plein air et au soleil.

2, Le médium arsenical doit être chauffé jusqu'à ce qu'il se fendille plus ou moins par le refroidissement.

3. Les préparations doivent être achevées très rapidement, les covers et les slides doivent être chauds au moment de l'application du medium.

4 Sitôt la préparation achevée et pendant qu'elle est encore tiède on doit appliquer une épaisse couche de gomme laque autour du cover.

5. Les préparations doivent être conservées dans un endroit sec.

Mastics d'occlusion. Pour faire les cellules où les objets microscopiques sont conservés, dans les milieux appropriés, comme cela sera décrit dans un paragraphe suivant, on se sert de mastics.

Le plus simple de ces mastics est une solution épaisse de gomme laque dans l'alcool et privée par repos, filtration ou décantage de sa partie gommeuse. Toutefois on ne peut garantir la bonne conservation de ce mastic qui est sujet à se détacher parfois du verre.

Pour ce motif nous employons avec avantage le *schwarzer maskenlack* n° 3 que l'on trouve chez Besseler (Schützenstrasse, n° 66, à Berlin), et qui est probablement une solution alcoolique de gomme laque mêlée à quelque résine et à du noir de fumée. Mais, comme on se le procure difficilement, nous nous trouvons également bien d'une solution épaisse de vernis noir au bitume auquel on ajoute une petite quantité de cire dissoute dans de la térébenthine pour éviter le fendillement.

Tous les produits, dont il est question dans ce chapitre et ceux dont il est question ci-après, peuvent être obtenus au « *Laboratoire de chimie Technique* » de M. Ferdinand Van Heurck, rue du Moulin à Anvers. On pourra également s'y procurer des préparations de tests et spécialement d'*Amphipleura*, montés dans le médium arsenical.

§ 2. RÉACTIFS CHIMIQUES ET RÉACTIFS COLORANTS.

Les réactifs chimiques les plus fréquemment employés dans les recherches d'anatomie végétale sont les suivants :

Chlorure de zinc iodé,
Eau iodée,
Nitrite de mercure,
Ether,
Oxyde ammoniaco-cuprique,
Acide nitrique,
Acide sulfurique,
Chlorate de potasse,
Potasse caustique.

Chlorure de zinc iodé. — Son action est identique à celle combinée de l'acide sulfurique et de l'iode ; mais la coloration bleue qu'elle exerce sur la cellulose varie de teinte d'après son degré de concentration. La couleur bleue se change en violette ou rouge au bout de vingt-quatre heures.

D'après Schulz, on doit préparer de la façon suivante le chlorure de zinc iodé :

La solution de zinc dans l'acide chlorhydrique est évaporée à consistance sirupeuse : il faut la remuer sans cesse avec une lame de zinc métallique. On ajoute alors de l'iodure de potassium jusqu'à saturation. On finit en y ajoutant de l'iode et de l'eau en quantité nécessaire.

Eau iodée. — Sert à provoquer la coloration tant de la membrane de la cellule que du contenu de celle-ci.

On la prépare en ajoutant 5 centigrammes d'iode et 15 centigrammes d'iodure de potassium à 30 grammes d'eau.

Nitrite de mercure. — S'emploie en solution. Il colore en rouge vif les substances azotées ; il n'agit qu'après un quart d'heure ou plus, mais on obtient un effet plus prompt et meilleur en chauffant légèrement la préparation.

Éther. — Destiné à dissoudre les huiles fixes et essentielles, de même que les résines.

Alcool. — Sert aux mêmes usages que l'éther, mais il est surtout destiné à enlever l'air des coupes végétales. Pour cela avant de préparer celles-ci, on les plonge, pendant quelques minutes, dans une capsule contenant de l'alcool.

Oxyde ammoniaco-cuprique. — On le prépare en dissolvant de l'oxyde de cuivre récemment précipité et encore humide dans de l'ammoniaque liquide.

L'oxyde ammoniaco-cuprique dissout la cellulose.

Acide nitrique. — Colore en jaune les matières intercellulaires de même que les matières azotées, que l'on doit mettre en contact avec de l'ammoniaque liquide, après avoir fait réagir l'acide nitrique. On l'emploie aussi pour le procédé macératoire de Schultz, comme il sera dit à l'article du chlorate de potasse.

Acide sulfurique. — A l'état concentré, on s'en sert dans les recherches sur les pollens et les spores ; à l'état dilué (trois parties d'acide sulfurique et une d'eau), on l'emploie pour colorer la cellulose en bleu. A cet effet, on commence par mouiller la préparation avec de l'eau iodée et, ayant ensuite enlevé le surcroît d'eau iodée avec un morceau de papier-joseph, on ajoute une goutte d'acide sulfurique et l'on couvre d'un verre mince. La coloration bleue se change après vingt-quatre heures en couleur violette ou rouge.

Chlorate de potasse. — Sert pour le procédé de macération imaginé

par Schultz. On prend l'objet et on le coupe en tranches minces que l'on dépose sur le porte-objet ; on couvre celles-ci d'une quantité de chlorate de potasse pulvérisé égale à leur volume et l'on ajoute quelques gouttes d'acide nitrique. La lame de verre est ensuite exposée pendant une à trois minutes à la chaleur d'une lampe à alcool.

Après la réaction, on lave en répandant à plusieurs reprises de l'eau, au moyen d'un pinceau, sur la préparation. On parvient de cette façon à isoler les cellules.

Potasse caustique. — On l'emploie en solution et ordinairement l'on doit aussi faire intervenir la chaleur. Elle sert à dissoudre les graisses et la matière intercellulaire de même que le ligneux et la subérine. Schacht recommande de la conserver à l'état de poudre, parce que, dit-il, à l'état de solution, elle attaque les bouchons de liége et forme entre le goulot et le bouchon, dans les flacons à bouchons de verre, un silicate qui empêche l'ouverture du flacon.

Réactifs colorants. Les réactifs colorants, très employés aujourd'hui, pour mettre en relief certains tissus ou certains détails, sont en nombre inombrable, mais le botaniste peut très bien se contenter de ceux que nous allons énumérer. Comme le dit très bien notre ami Arthur C. Cole, (1) dans son petit travail : *Methods of microscopical Research*, que nous ne pouvons trop recommander :

» Nous recommandons à l'histologiste, sur le point de commencer
» un travail, la question préliminaire suivante :
» Que vais-je faire ? Ai-je envie de me faire des préparations in-
» structives pouvant m'élucider des détails de structure, ou bien veux-
» je faire un cours de teinture et de coloration ?»

La solution ne saurait être doûteuse. Voici donc la liste des colorants que nous recommandons :

Campêche ou hæmatoxyle.
Carmin.
Picrocarminate d'ammoniaque.
Sulphindigotate de Soude.
Nigrosine.
Fuchine.
Vert à l'iode.
Vert de méthyle.
Colorant double.

(1) M. Arthur C. Cole (171 Ladbroke Grove Road, Notting Hill, Londres W) est probablement le préparateur le plus habile et le plus instruit de notre époque. Il a, dans ces dernières années, publié sous le nom de «*Studies in microscopical science*» une admirable série de préparations d'histologie végétale et animale de même que de tissus pathologiques. — Ces préparations sont accompagnées de photogrammes et de planches en couleur de même que d'un texte descriptif redigé pour chaque série de préparations par les plus habilles spécialistes de l'Angleterre.

Voici comment on les prépare.

Campêche. On prend 60 grammes d'extrait sec de campêche et 180 gr. d'alun en poudre. On les mèle longuement et intimement dans un mortier en ajoutant petit à petit 300 gr. d'eau distillée. Quand la solution est aussi bien faite que possible, on filtre, puis on ajoute 20 cent. cubes d'alcool absolu et on conserve le colorant ainsi fait dans une bouteille bien bouchée. Le colorant pour bien agir doit être âgé de quelques jours : il est d'autant meilleur qu'il est plus âgé.

La solution dont nous nous servons est vieille bientôt d'une dizaine d'années et agit à merveille.

Carmin. On prend 4 grammes du meilleur carmin, on le triture dans un mortier avec 8 grammes d'ammoniaque liquide concentrée. Le mélange est ensuite abandonné au repos pendant vingt quatre heures puis additionné de 120 gr. d'eau distillée saturée de borax, et le tout trituré de nouveau dans le mortier.

Ensuite on filtre et on conserve dans un flacon à l'éméri.

Le carmin produit une coloration très analogue à celle du campêche, mais beaucoup d'observateurs préfèrent le campêche comme fatiguant moins les yeux pendant l'observation. Par contre pour la reproduction photographique le carmin est à préférer.

Picro-carminate d'ammoniaque ou *colorant double de Ranvier.* La formule suivante due à *Weigert* est celle qui donne les meilleurs résultats :

On mélange dans un mortier 2 gr. de carmin et 4 grammes d'ammoniaque ; au bout de 24 heures on ajoute à ce mélange 200 gr. d'acide picrique en solution concentrée et un peu d'acide acétique jusqu'à formation d'un précipité par agitation ; on laisse reposer 24 heures, on filtre et on ajoute de l'ammoniaque liquide jusqu'a ce que le liquide soit devenu clair. On dilue ensuite au centième, c'est-à-dire, que à un gramme de la solution obtenue, comme ci-dessus, on ajoute 99 grammes d'eau.

Ce liquide colore en jaune-rouge le protoplasme et en rouge vif les noyaux. L'action doit être peu prolongée.

Sulph-indigotate de Soude. — Le colorant s'obtient en faisant une solution saturée du sulph-indigotate de soude dans l'eau distillée.

Nigrosine. Ce produit a été introduit dans la technique par un savant botaniste belge, M. Léo Errera, professeur à l'Université de Bruxelles.

Elle colore en bleu très foncé les noyaux des cellules, tandis que tout le reste du contenu cellulaire demeure sensiblement incolore. Après un court séjour dans la solution aqueuse de nigrosine, la coupe

microscopique est lavée à l'eau distillée. On peut alors la monter dans la gelée de Glycérine s'il s'agit d'étudier le protoplasme et la partie du noyau formée par l'*Achromatine* de Flemming. S'agit-il, au contraire, d'étudier la *chromatine* (= nucléine), alors on lave à l'alcool, on éclaircit avec l'essence de girofle et on monte dans le baume de Canada ou le styrax.

Nous pouvons ajouter une indication résultant d'études techniques que nous fîmes, il y a bien des années, sur les anilines. C'est que, si toutes les couleurs d'aniline sont promptement détruites par la lumière, il n'en est pas de même de la nigrosine qui résiste même indéfiniment à une exposition au soleil.

Violet à l'Iode. On l'obtient en faisant une solution saturée de ce produit dans l'eau distillée. Cette solution est ensuite étendue au centième à l'aide d'eau distillée.

Le vert à l'iode est un colorant multiple qui, appliqué aux tissus, les colore en différents tons de la même teinte.

Fuchsine. 1 gramme dans 30 grammes d'alcool ; cette solution est ensuite étendue d'eau. La Fuchsine est un colorant très peu stable, se détruisant promptement à la lumière ; il en est de même du suivant :

Violet de méthyle que l'on prépare de la même façon.

Colorant double aux anilines se prépare en mèlangeant, parties égales, des teintures alcooliques de Fuchsine et de Violet de méthyle.

Vert de méthyle se prépare en solution aqueuse concentrée que l'on étend ensuite d'eau.

Ce colorant rend très apparents les grains de chlorophylle et le Prof. Strasburger, après l'avoir étendu de 1 o/o d'acide acétique, l'emploie pour les *nucleus*. Les noyaux, qui ne sont pas en voie de division, se colorent très légèrement en vert tandis que, pendant les phases de la division les *plaques nucléaires* prennent une coloration verte intense.

Ce colorant nous a toujours donné d'excellents résultats, mais nous ne pouvons garantir la conservation de la coloration.

§ 3. Instruments employés pour la préparation des objets.— Emploi des microtomes.

Les instruments et accessoires, dont nous nous servons, sont des rasoirs, des aiguilles à cataracte, des bruxelles, un étau à main, des capsules de porcelaine, une lampe à alcool, quelques baguettes de verre plein et des verres de montre.

Lorsqu'on veut faire de belles préparations de bois ou de drogues, il faut ajouter à ces objets un bon microtôme.

Rasoirs. — Les rasoirs doivent être de toute première qualité. Nous préférons ceux qui sortent de la maison anglaise John Barber. On en aura d'évidés et de non évidés. Les premiers s'emploient pour les substances délicates, les seconds pour les objets durs, tels que les bois, etc.

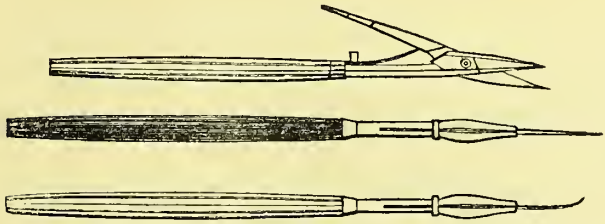
Les rasoirs ne sont jamais fournis par les repasseurs avec un tranchant suffisamment affilé ; d'ailleurs on doit les affiler de nouveau après avoir fait quelques coupes. On devra donc savoir affiler soi-même ses rasoirs. Nous nous servons dans ce but d'une composition excellente, malheureusement un peu chère (12 et 25 francs, suivant la grandeur de la tablette) et qui porte pour nom *celebrated magnetic tablet* (Rigge, Brockbank et Rigge, 35, Newbond Street, London, et 5, East Street Brighton). Après avoir passé un certain nombre de fois le rasoir sur cette composition, en ayant soin de tenir le rasoir bien plan, on termine en le passant cinq ou six fois sur le cuir placé de l'autre côté et sur lequel on répand avec le doigt le *Rimmel's genuine Diamont Dust* que l'on trouve dans tous les dépôts de parfumerie de la maison Rimmel. Nous avons des rasoirs traités ainsi et qui possèdent un tranchant extraordinaire, quoique nous nous en servions journellement et depuis plusieurs années. Jamais ils n'ont passé par les mains du repasseur.

On vend à Paris, depuis quelques années, des cuirs à rasoirs qui, pour le micrographe, surpassent tous les autres. Ces cuirs ou soi-disant cuirs sont nommés *cuirs donateurs.*

La substance dont ils sont faits n'est autre que le tissu de la hampe de l'Agave americana sur lequel on a frotté un mélange d'une matière grasse et d'émeri très-fin. Nous recommandons beaucoup ces cuirs dont nous devons la connaissance à feu M. Bourgogne père, et dont nous nous trouvons à merveille.

Pour s'assurer si le rasoir possède le tranchant exigé, on prend un cheveu entre le pouce et l'index, que l'on place à égale hauteur ; alors, saisissant le rasoir, on doit couper net le cheveu en le pressant doucement avec le rasoir à une distance de 4 à 5 millimètres au-dessus du pouce.

Aiguilles. — Les aiguilles emmanchées qui accompagnent généralement les microscopes ne peuvent être d'aucune utilité. On doit se servir d'un porte-aiguille dans lequel on insère ses aiguilles. On peut à bas prix se procurer en Allemagne de pareils porte-aiguilles. Ils consistent en une baguette de bois anguleuse, terminée supérieurement par une tige de cuivre. Celle-ci est fendue en quatre, de façon à serrer l'aiguille que l'on met au centre, et ce au moyen d'un écrou, la partie extérieure de la tige de cuivre portant un pas de vis (fig. 188).



Fig, 188.

Les aiguilles employées doivent être aussi fines que possible. Généralement on se sert des nos 11 et 12.

On se sert des aiguilles pour les dissections microscopiques. Mais pour transporter de légers objets, on les saisira avec un pinceau mouillé : les aiguilles endommageant souvent les objets microscopiques.

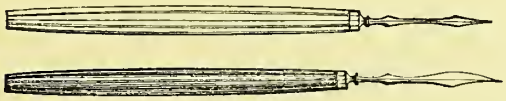


Fig. 189.

Les *aiguilles à cataracte* (fig. 189) sont des aiguilles dont l'extrémité est terminée par une lame tranchante en forme de fer de lance. On les emploie pour les dissections.

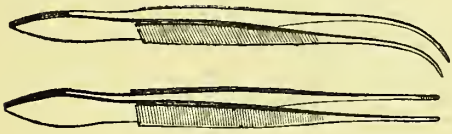


Fig. 190.

Les *bruxelles* ou *presselles* (fig. 190) servent à saisir les petits objets. Il faut en avoir dont la surface intérieure soit unie et d'autres avec des rainures.

L'*étau à main* (fig. 191) sert à serrer, entre de la moëlle de sureau, les objets minces (par exemple, des lames de feuilles) dont on veut avoir des coupes transversales.

Fig. 191.

Les *baguettes de verre* plein servent à prendre des gouttes des réactifs, et les *capsules* et *verres de montre* servent à déposer certains objets dans les liquides appropriés, par exemple, l'alcool et l'éther, pour enlever l'air qui existe dans les coupes.

Coupes à la main et coupes au microtôme. — On peut, à la main, faire toutes les coupes nécessaires aux études d'anatomie végétale ; mais, quand on veut faire des coupes d'une certaine étendue, pour montrer l'ensemble des tissus d'un organe, ou quand on veut faire des coupes fines et grandes de corps durs et ligneux, il faut alors avoir recours aux microtômes.

Les coupes à la main se font de la façon la plus simple.

L'objet à couper est serré entre le pouce et l'index de la main gauche de façon à saillir le moins possible, et l'avant bras est serré contre la poitrine de façon à bien immobiliser la main.

Alors, de la main droite, tenant fermement le rasoir par la base

de la lame, on fait vivement une coupe superficielle pour égaliser la surface du corps à couper.

Les coupes suivantes se font lentement en poussant la lame en avant et en même temps de la base au sommet.

Avant et après chaque coupe on mouille le rasoir et le corps à couper avec un mélange à parties égales d'eau et d'alcool.

Les coupes restent adhérentes au rasoir. On les enlève à l'aide d'un pinceau fin et on les transporte immédiatement dans un verre de montre contenant un mélange d'eau et d'alcool. Après un court séjour dans ce premier milieu on les retransporte soit dans de l'eau distillée soit dans de l'alcool pur suivant la nature du médium qui servira à la préparation définitive.

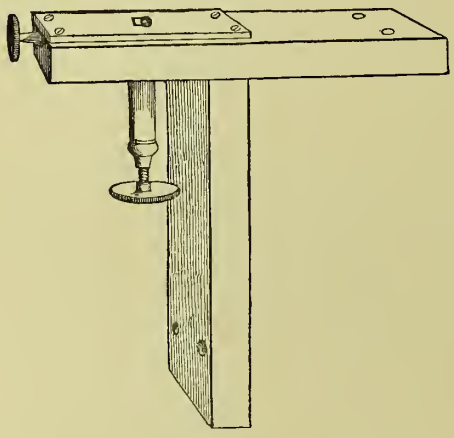


Fig. 192.

Les corps trop minces ou trop petits pour être tenus entre les doigts, sont placés dans un cylindre de moëlle de sureau ou dans un cylindre en carotte, coupés en longueur pour y mettre l'objet, puis serré dans l'étau a main représenté plus haut fig. 191.

Passons maintenant aux microtômes.

Le plus simple de ces instruments, et qui suffit dans la plupart des cas, est le microtôme de Topping fabriqué par M. Arthur Chevalier, qui est représenté ci-dessus (fig. 192). Le prix en est de 25 francs. On renferme l'objet à couper dans le tube et, à l'aide du bouton intérieur, on en fait saillir une petite partie que l'on enlève à l'aide d'un rasoir bien affilé. Il faut, chaque fois que l'on a fait une coupe, déposer sur l'objet une goutte d'eau alcoolisée.

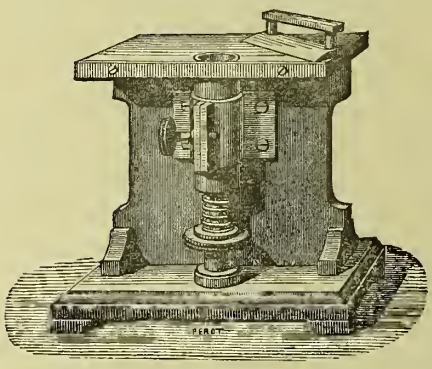


Fig. 193.

Un modèle plus compliqué est fourni par M. A. Nachet au prix de 50 francs. Cet appareil (fig. 193) diffère surtout du précédent en ce que la vis micrométrique est munie d'un index permettant d'apprécier l'épaisseur de l'objet.

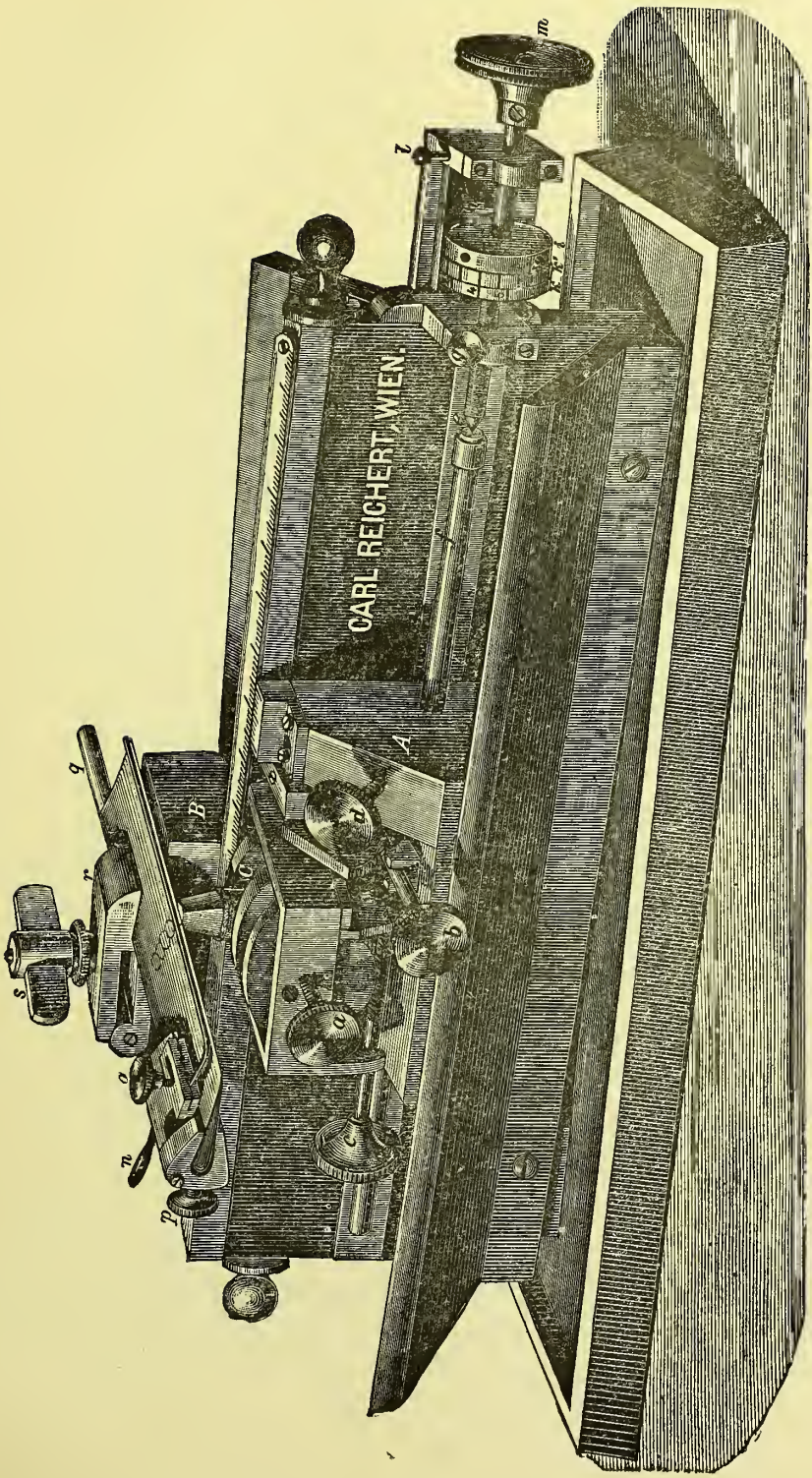


Fig. 194.
GRAND MICROTOME DE CARL REICHERT.

L'on construit des microtômes bien plus parfaits encore. Dans celui dont nous nous servons le plus souvent, la lame coupante est menée à l'aide d'un engrenage et glisse dans une coulisse en bronze. Cette addition permet de couper plus régulièrement, surtout les objets larges et durs. Aucun objet, convenablement préparé, ne résiste à pareil instrument.

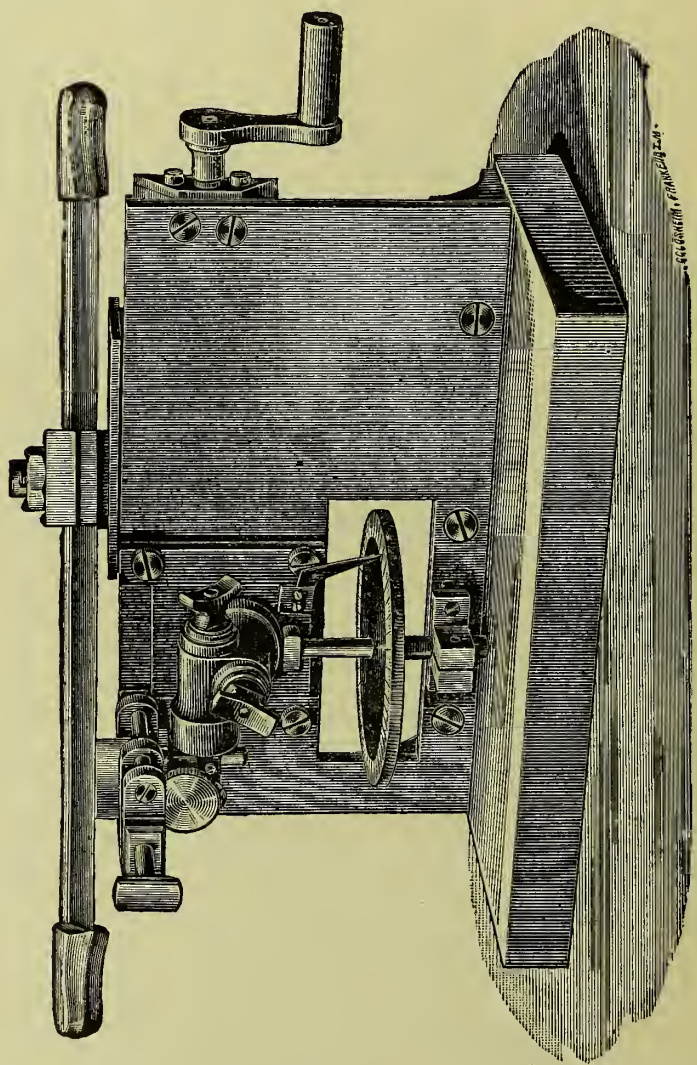


Fig. 195.

La fabrication des microtômes a fait, dans ces dernières années des progrès excessivement remarquables. Les microtômes sont aujourd'hui des instruments d'une précision extraordinaire, où toutes les ressources de la mécanique ont été utilisées et qui ne peuvent par

suite être bien établis que par des constructeurs ayant une expérience toute particulière dans la matière.

Parmi ces constructeurs nous pouvons citer en première ligne M. Carl Reichert.

Le grand microtôme de M. Carl Reichert (fig. 194) est, nous l'avons déjà dit, un instrument de haute précision et est construit d'après le plan de Rivet.

Le chariot porte-objet se meut en avant sur un plan incliné et la longueur de la glissière est de 30 cm. L'ascension du chariot avec la pince porte-objet, sur le plan oblique, s'opère à l'aide d'une vis micrométrique qui permet de faire des coupes d'une épaisseur de 0,001 mm. Cette vis micrométrique a un mécanisme par lequel chaque ajustement d'une coupe est annoncé à l'oreille par le déclic d'un engrenage. Ce microtôme possède en outre une pince porte-objet d'après les indications de la station zoologique de Naples et un arrangement pour fixer en croix deux couteaux qui ont respectivement une longueur de 13 et de 16 cm.

Un microtôme analogue, mais plus simple, est celui que M. Leitz (fig. 195) fournit au prix de 150 frs. Dans cet appareil le rasoir est mû par un mécanisme à manivelle fixé sur le support. On peut, par suite, couper avec plus de précision, plus d'égalité et aussi avec un effet moindre.

MM. Watson & Sons fabriquent un excellent petit microtôme que les anglais nomment microtôme de Cathcart du nom de son inventeur. Ce microtôme que la figure 196 explique suffisamment, est surtout destiné à couper par congélation, mais un tube accessoire permet de l'employer pour les tissus ordinaires non congélés. Nous l'employons depuis bien des années et pouvons le recommander en confiance. Son prix, très modique (frs. 27), le met à la portée de tous.

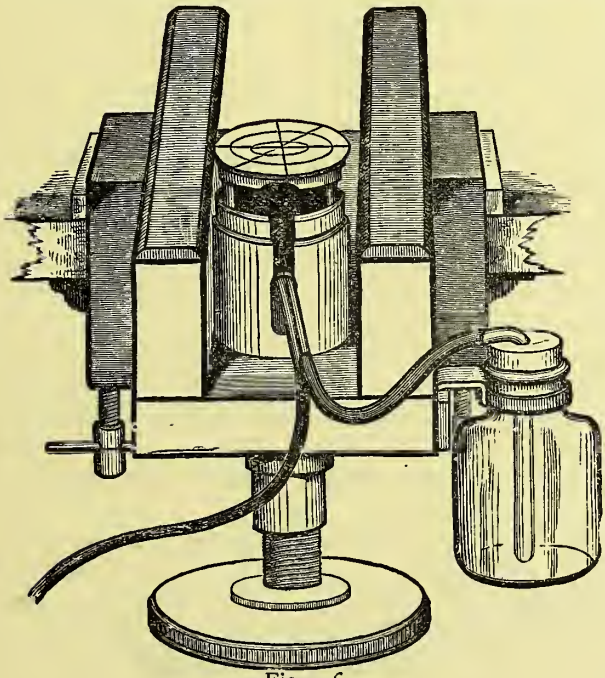


Fig. 196.

Quel que soit le microtôme dont on se

sert, les objets que l'on veut couper à l'aide de ces instruments demandent une préparation préalable, plus ou moins compliquée.

Les objets doivent être ramollis (bois, écorces, etc.) ou durcis (tissus mous) ce qui, pour les substances végétales fraiches, se fait le mieux par congélation, et enfin ils doivent encore le plus souvent être inclus dans une autre substance.

Comme milieu d'inclusion on se sert, en histologie animale, de paraffine que l'on coule autour de l'objet dans des moules appropriés. Les tissus végétaux s'inclusent très convenablement soit dans de la moëlle de sureau, soit dans des morceaux de carottes que l'on peut avoir fraiches pendant à peu près toute l'année.

Le ramollissement préalable s'obtient en faisant séjourner la substance ligneuse soit dans de l'eau pure soit dans de l'eau légèrement additionnée de soude. Ce séjour peut devoir varier de quelques heures à plusieurs jours et cela suivant la dureté plus ou moins grande de l'objet à couper.

Quant aux tissus et aux objets à congeler, il faut les plonger préalablement dans une solution de gomme et de sucre de façon à ce qu'il en soient bien imbibés.

On obtient cette solution en faisant fondre d'un côté 4 parties de gomme du Sénégal dans 6 parties d'eau distillée et en préparant d'un autre côté un sirop de sucre semblable a celui des pharmacies et qui est fait en fondant 9 parties de sucre raffiné dans 6 parties d'eau bouillante, on fait bouillir encore un instant avant d'enlever du feu.

Ces deux solutions obtenues on les mélange à raison de 5 parties de solution de gomme et de 3 parties de sirop. A ce mélange on ajoute un pour cent d'acide phénique pour prévenir la fermentation.

Les tissus plongés dans ce mélange peuvent y séjourner aussi longtemps que l'on veut. Ils s'y conservent sans altération.

Ces préliminaires posés nous pouvons passer à la description du mode d'opérer.

Sections par congélation. On prend, du tissu à couper, une petite pièce n'ayant au maximum que trois millimètres d'épaisseur, on en exprime doucement la gomme, à l'aide d'une fine toile. Ensuite, dans un peu de gomme préalablement placée sur la platine du microtôme, on dépose la pièce à couper et de tous les côtés on la recouvre de gomme à l'aide d'un pinceau.

Le jet d'éther pulvérisé que l'on lance ensuite sur la pièce, à l'aide du pulvérisateur spécial que les constructeurs fournissent avec le microtôme, ce jet d'éther, disons-nous, congèle promptement la masse et permet de commencer les coupes. On observera que la congélation doit être juste poussée au point convenable et non au delà. La congélation est bonne quand les coupes se font facilement,

comme, p. ex., à travers du fromage. Quand la congélation est poussée trop loin la masse et trop cassante et les tissus se déchirent.

En inclusant ainsi des diatomées de grande forme, Pinnulaires, Triceratium, Coscinodiscus, etc., dans une gouttelette de gomme congelée, on arrive à en faire des coupes convenables. Toutefois on comprend que tout ici dépend du hasard car on n'a aucun moyen de placer les diatomées dans une position convenable pour en obtenir des coupes dans le sens désiré.

Sections par inclusion. Tandis que tous les tissus délicats sont avantageusement coupés par congélation, ceux au contraire qui sont plus consistants, tels que les tiges, les petioles, etc. de même que les tissus animaux qui ont été durcis par un séjour prolongé dans l'alcool, ceux-là, disons-nous, se coupent bien après avoir été préalablement inclus dans un support convenable. On emploie généralement la paraffine dans ce but, mais ce corps, dans la plupart des cas, est loin d'être aussi convenable qu'un morceau de carotte fraîche qui, par l'humidité naturelle qu'elle contient, favorise le glissement du couteau. Ensuite, la coupe faite, les débris de carotte s'éloignent facilement tandis que la paraffine s'émiette et, en outre, l'emploi de de la carotte n'oblige pas à l'emploi de la chaleur comme le fait la paraffine, qui doit être fondue préalablement et puis coulée autour de l'objet.

On commence par couper, à l'aide d'un emporte pièce, dans le sens longitudinal de la carotte, un cylindre de diamètre tel qu'il entre tout juste dans le cylindre ou dans la pince du microtôme. Ce cylindre aura de 3 à 5 centimètres de longueur.

Le cylindre obtenu, on le divise en deux parties longitudinales que l'on creuse de façon à ce que l'objet à couper étant déposé dans le creux, les deux parties puissent de nouveau être rattachées par quelques bouts de fil tout en comprimant très légèrement l'objet inclus. Le cylindre est maintenant serré dans la pince du microtôme, et, on passe aux coupes de la façon usuelle. Après chaque coupe faite on déposera à la surface quelques gouttelettes d'un mélange d'eau et d'alcool et on plongera également le couteau dans un vase contenant pareil mélange. La coupe se détachera ainsi du couteau et ira flotter dans le liquide. On les en retirera postérieurement en décantant la majeure partie du liquide et puis en enlevant la coupe à l'aide d'un pinceau fin.

§ 4. Coloration des tissus.

Il serait difficile d'indiquer à quelle époque on songea pour la première fois à colorer les tissus, mais, toujours est-il que pendant bien longtemps on n'employa à cet effet que le carmin. Ce n'est

qu'il y a une quinzaine d'années environ que l'on commença à essayer des couleurs diverses et les anilines, en premier lieu, devinrent à la mode et furent mises à toutes sauces.

Si le lecteur veut bien nous croire, il se défiera de ces colorants de toute espèce, l'effet produit peut être très joli et les résultats intéressants *momentanément*, mais, on n'a aucune certitude que les résultats seront durables, au contraire, ce que l'on sait des couleurs d'aniline permet d'assurer que ces colorations résistent peu de temps.

Si l'on veut donc faire des préparations de tissus colorés on n'emploiera que des colorants dont le maintien soit bien connu. Leur nombre est malheureusement très petit et l'on ne peut avec certitude recommander que le campêche, le carmin, le picro-carminate d'ammoniaque et probablement aussi la nigrosine. Le vert de méthyle paraît être aussi assez stable.

Si l'on se borne à ces colorants, dit M. A. C. Cole, on sera certain de retrouver ses préparations intactes n'importe après quel laps de temps ; surtout si l'on monte ses préparations au campêche dans le baume de Canada et ses préparations au picro-carminate dans de la gelée de glycérine de bonne qualité.

Notre expérience personnelle permet de confirmer les assertions de notre estimable correspondant. Des préparations que nous fîmes dans ces conditions ; il y a trois ans, et qui, depuis lors ont été constamment exposées à la lumière, sont encore aussi belles que le premier jour.

Ces préliminaires posés, nous allons maintenant indiquer comment il faut s'y prendre pour faire des préparations avec les colorants désignés. Les tissus doivent passer par toute une série d'opérations qui sont : la décoloration, la coloration, le lavage, la déshydratation, l'éclaircissage et la préparation finale.

Préparation des tissus végétaux à simple coloration. — Sitôt que les coupes que l'on a commencé par déposer, au fur et à mesure de leur obtention, dans le mélange d'eau et d'alcool, sont faites, on les enlève et on les transporte dans un deuxième mélange fait de parties égales d'eau, d'alcool et de glycérine. C'est ce que Bourgogne père nommait son mélange conservateur. Les pièces entières ou coupées peuvent séjourner là dedans indéfiniment sans s'altérer pourvu que la bouteille soit bien fermée.

Mais continuons nos opérations et faisons passer nos coupes par la décoloration préalable.

Si le tissu est très délicat, un séjour plus ou moins prolongé dans l'alcool fort suffit à le décolorer, mais des tissus durs et très colorés, tels que ceux des tiges ligneuses demandent l'action de *l'eau de Javelle.*

On peut soi-même préparer ce liquide.

On prend d'un côté un demi litre d'eau et on y ajoute environ 60 gr. de chlorure de chaux frais et on laisse les matière en contact pendant 24 heures en secouant de temps en temps.

D'un autre côté on fait une solution saturée de carbonate de sodium (ou cristaux de soude du commerce) dans de l'eau, et, après avoir décanté la solution de chlorure de chaux on y ajoute, petit à petit, la solution de soude jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité.

L'eau de Javelle, ainsi obtenue, est filtrée, bien bouchée et conservée dans l'obscurité.

On dépose les coupes à décolorer dans une petite quantité de cette eau de Javelle et on les y laisse jusqu'à décoloration complète, puis on les lave a plusieurs reprises. Finalement on les laisse encore 24 heures dans de l'eau distillé additionnée de 8 à 10 gouttes d'acide azotique par demi-litre.

Après ce laps de temps on met les coupes, dans de l'alcool pendant une heure au moins et puis on passe, à la coloration en choisissant de préférence le campèche qui met admirablement on relief tous les détails de structure et toutes les parois des cellules. Cette coloration se fera systématiquement en suivant bien les phases suivantes :

1. Enlevez les sections de l'alcool et déposez les dans de l'eau pendant quelques minutes.

2. Posez les coupes pendant dix minutes dans une solution d'alun à 3 o/o.

3. Colorez la coupe au campèche à l'eau, en la plongeant dans une petite quantité de la solution normale, puis en la lavant à l'eau lorsqu'on juge que la coloration est suffisamment intense.

4. Remettez de nouveau dans la solution d'alun afin d'enlever le colorant des surfaces.

5. Lavez longuement à l'eau.

6. Placez dans de l'alcool pendant au moins deux heures.

7. Déposez la coupe à la surface de l'essence de girofles contenue dans un verre de montre. Lorsque la coupe ira au fond elle sera suffisamment préparée et on pourra alors la préparer au Baume de Canada.

Coupes végétales à double coloration. On peu les faire soit au vert d'Iode et au carmin, soit au picro-carminate d'ammoniaque.

I. *au vert à l'Iode.* 1. Placez la coupe dans une solution alcoolique de vert à l'Iode pendant une à deux heures.

Cette solution se fera à raison de 15 centigr. de vert par 30 grammes d'alcool.

2. Plongez la coupe dans l'alcool pendant dix minutes.

3. Mettez la dans l'eau pendant une minute.

4. Plongez la coupe dans la solution carminée pendant deux heures.

Cette solution se fait en dissolvant à l'aide d'une douce chaleur 1 gramme de carmin, préalablement pulverisé, dans un gramme d'ammoniaque liquide, on ajoute ensuite 75 grammes d'eau et l'on filtre.

5. Lavez soigneusement à l'eau.

6. Placez pendant 10 minutes dans l'alcool.

7. Faites flotter sur l'essence de girofles et achevez comme dans le procédé par coloration simple.

II. *Au picro-carminate.* — Ce procédé donne des résultats qui ne peuvent être surpassés.

1. Placez les coupes dans l'alcool pendant une heure.

2. Colorez dans le picro-carminate pendant un temps variant de une demi-heure à trois heures.

La solution peut être faite comme il a été indiqué antérieurement par du pricro-carminate que l'on achète tout préparé, mais, mieux encore vaut le faire soi-même comme suit :

Dissolvez un décigramme de carmin dans deux grammes d'eau distillée, à l'aide d'une faible chaleur, puis ajoutez-y 30 gr. d'eau distillée.

D'un autre coté dissolvez 4 décigr. d'acide picrique dans 30 grammes d'alcool, chauffé faiblement.

Mélez les deux solutions. La solution finale obtenue doit être filtrée chaque fois qu'on l'emploie.

3. Lavez dans de l'alcool.

4. Immergez de nouveau dans le picro-carminate.

5. Lavez de nouveau à l'alcool.

6. Faites flotter sur l'essence de girofles et achevez au Baume de Canada (d'après A. C. Cole).

§ 6. Achèvement des préparations.

Beaucoup de préparations se faisant dans les liquides, on doit commencer par former la cellule qui contiendra le liquide.

A cet effet, on prendra le verre destiné à servir de porte-objet, et l'on y appliquera, au moyen d'un pinceau, deux bandes de vernis noir, comme on le voit dans la figure 197.

Fig. 197.

On laissera sécher le vernis, et, quand celui-ci sera bien sec, on donnera une, deux ou trois nouvelles couches de vernis que l'on lais-

sera sécher de même. Il va sans dire que le nombre de couches de vernis, que l'on applique sur le verre, doit être proportionné à l'épaisseur de l'objet que l'on désire refermer dans la cellule.

Le vernis étant bien sec, on dépose au milieu du verre une goutte du liquide que l'on doit employer et qui naturellement varie selon la nature de l'objet. Celui-ci est alors placé dans le liquide et recouvert d'un couvre-objet. Si pendant cette opération il se forme des bulles d'air dans la cellule, on soulève doucement à moitié le couvre-objet et l'on chasse les bulles en les touchant avec la pointe d'une aiguille et en inclinant le porte-objet. La cellule étant privée d'air, on éponge au moyen de papier buvard la quantité de liquide qui déborde latéralement et l'on donne une couche de vernis noir sur la surface supérieure du couvre-objet. à l'endroit où l'on a donné les premières couches, et de façon à mouiller ces dernières. On met alors la préparation de côté pour vingt ou trente minutes. Au bout de ce temps, le vernis étant un peu séché et le couvre-objet adhérant plus ou moins fortement, parce que la couche supérieure a détrempé les inférieures, on donne deux couches aux côtés latéraux du couvre-objet, et ce de façon que le pinceau touche en même temps le porte-objet. Ces couches étant séchées, on en met successivement deux ou trois autres, de façon que la cellule soit parfaitement fermée. On n'a plus alors qu'à étiqueter la préparation. En Allemagne, on colle souvent avec du silicate de potasse, aux deux extrémités du porte-objet, deux bandes de verre, afin de pouvoir superposer les préparations sans endommager le couvre-objet. Ce procédé est mauvais, car le silicate ne présente aucune garantie de durée.

Cellules rondes. — La plupart des préparateurs, au lieu de faire des cellules carrées, comme nous venons de l'indiquer, préfèrent employer des cellules rondes, qui sont plus élégantes, mais moins solides. Ces mêmes cellules sont employées généralement pour les préparations à sec de diatomées.

Pour faire ces cellules rondes on emploie un petit appareil nommé *tournette* (fig. 198). Le porte-objet étant fixé à l'aide de deux valets sur la plaque tournante, on trempe le pinceau dans le mastic noir, qui doit être assez fluide, et ayant donné une impulsion à la plaque, on appuie légèrement le pinceau de façon à déposer un cercle rond de la grandeur voulue. On dépose l'objet avec une goutte du liquide approprié dans la cellule lorsque celle-ci est encore un peu collante. Le couvre-objet est ensuite mis en place et maintenu pendant quelque temps, pressé sur la cellule,

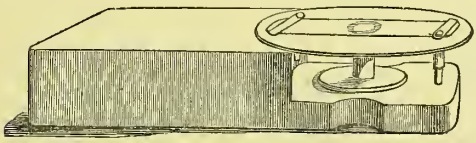


Fig. 198.

soit à l'aide d'un petit poids, soit au moyen d'un ressort. Lorsque l'adhérence est suffisante, on essuie et on lave les bords du couvre-objet et on met une nouvelle couche de mastic, de façon que les bords du verre mince soient largement unis au porte-objet.

Quant aux préparations au baume de Canada, on dépose une goutte de ce baume à la surface du porte objet que l'on chauffe légèrement.

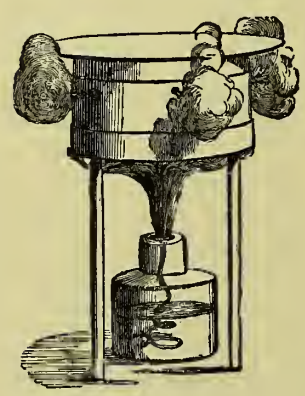


Fig. 199.

Le baume étant liquéfié, on y dépose l'objet en évitant la formation des bulles d'air que, le cas échéant, l'on détruit en les piquant avec une aiguille. On place ensuite sur le tout un couvre-objet préalablement un peu chauffé et l'on presse doucement. On n'a plus qu'à enlever le surcroît de baume qui est sorti par les côtés du couvre-objet. On y parvient, en le frottant légèrement au moyen d'un linge imbibé d'alcool.

Le petit bain-marie (fig. 199), fabriqué par la maison Chevalier, est très utile pour liquéfier le baume de Canada sur le porte-objet.

Liquidambar et médiums à haut indice. Nous avons déjà indiqué antérieurement comment on préparait dans ces médiums et nous n'avons donc plus à y revenir.

§ 7. Conservation des préparations.

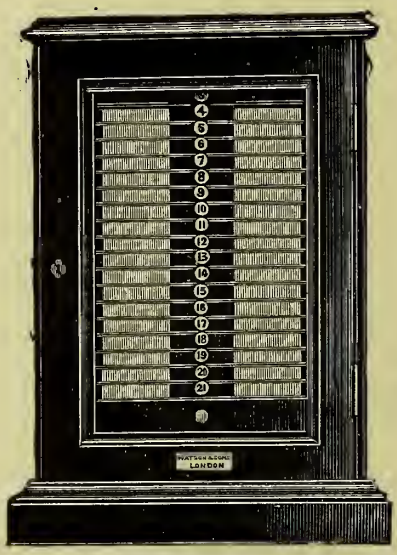


Fig. 200.

Nous avons encore maintenant à dire quelques mots sur la conservation des préparations microscopiques.

Avant tout, l'humidité est ce qu'il faut le plus redouter ; elle s'infiltre avec facilité sous les meilleurs ciments, détruit leur adhérence avec le verre et met par suite, au bout de quelque temps, la préparation hors d'usage. Le froid également peut exercer une fâcheuse influence. On gardera donc ses préparations dans un appartement convenable où ces influences nuisibles ne soient pas à craindre et on les examinera de temps en temps pour réparer au besoin les ciments qui se détacheraient ou se fendilleraient.

Les préparations sont placées à plat. Ce dernier système est adopté presque exclusivement en Angleterre, et permet de mettre immédiatement la main sur une préparation quelconque, il n'a que l'inconvénient d'être un peu couteux et encombrant.

Les boites à rainures sont plus économiques et plus maniables. Elles permettent de placer les préparations sur les rayons d'une bibliothèque ; mais, il faut bien prendre garde, dans ce cas, de ne pas placer les boites à plat, mais debout, comme on le fait pour les livres et ce, afin que les préparations étant à plat, les coupes plongées dans des liquides ne puissent se déranger, ce qui arrive inévitablement dans la position contraire.

Il ne faut jamais se fier à sa mémoire et mettre de côté une préparation qui ne soit pas étiquetée convenablement. L'étiquette doit porter tous les détails qui peuvent être utiles à connaître : nature de l'objet, colorant employé s'il y a lieu, nature du médium employé etc., etc. Tous ces détails peuvent avoir leur importance à un moment donné.

CHAPITRE II.

Bibliothèque du micrographe.

Sous ce titre nous réunissons un certain nombre d'ouvrages que le micrographe et surtout le micrographe botaniste consultera avec fruit.

1. JOURNAUX PÉRIODIQUES.

Londres J. R. M. S. Journal of the Royal microscopical Society, Londres : Williams & Norgate. Un volume paraît tous les deux mois.

Ce journal, depuis que M. Crisp lui a donné sa forme actuelle, en 1878, est ce qui existe de plus important au monde et est absolument indispensable au micrographe qui veut se tenir au courant de la science. Le J. R. M. S. publie les comptes-rendus de la R. M. S. et les travaux originaux présentés à cette société.

En outre, il publie l'analyse de tous les travaux pouvant intéresser le micrographe, de même que la description de tous les instruments anciens que l'on retrouve et de tous les appareils nouveaux au fur et à mesure de leur apparition.

Pelletan. Journal de micrographie, du Dr Pelletan, Paris, rue de Berne. Paraît depuis 1877, toujours au courant des nouveautés et également indispensable aux lecteurs français.

W. H. Behrens. Zeitschrift für Wissenchaftige Mikroskopie und für mikroskopische Technik, von Dr. Wilh. Jul. Behrens, Braunschweig 1884-1891.

New-York. Journal of the New-York microscopical Society, New-York, 1885-1891. Articles souvent très importants.

Bruxelles. Bulletin de la Société belge de microscopie, Bruxelles 1876-1891. Publie les comptes-rendus des séances et les travaux originaux des membres de la Société.

Anvers. Annales de la Société Phytologique et micrographique de Belgique Anvers 1864 et suivants. Publication momentanément interrompue. Travaux originaux des membres.

2. HISTOIRE DU MICROSCOPE.

Deby (Julien). Bibliotheca Debyana. Londres, Août 1889, non dans le commerce. — Catalogue d'une riche bibliothèque d'ouvrages de micrographie.

Harting. Das mikroskop, 2te aufl. Braunschweig 1865.

Mayall. Cantor lectures on microscope by John Mayall Jr. Londres 1886.

Peragallo (M.). Histoire sommaire du microscope composé et de ses recents perfectionnements. Toulouse 1883.

3. OUVRAGES GÉNÉRAUX.

Adan (H. P.). Le Microscope, coup-d'œil discret sur le monde invisible, Bruxelles, 1873.

C'est la première édition de l'ouvrage suivant :

Adan (H. P.). Le monde invisible dévoilé. Révélations du microscope. Bruxelles 1879, avec 24 planches.

Cet ouvrage destiné à l'aspirant micrographe comme au simple curieux est le plus intéressant et le mieux fait de tous les travaux de vulgarisation. Ecrit du style clair et élégant, qui caractérise les ouvrages de l'auteur, M. Adan trouve moyen de soutenir sans cesse l'attention du lecteur malgré l'aridité du sujet.

Beale, (Lionel S.). How to work with the microscope, 5e édition, Londres 1880. (excellent).

Behrens. Leitfaden der Botanischen mikroskopie, Braunschweig 1890.

Nous avons emprunté à cet excellent ouvrage les figures 52-53; 55-56 et 59 que son éditeur a bien voulu nous céder.

Carnoy. La Biologie cellulaire, Lierre, (1re partie seule publiée jusqu'ici).

Carpenter. The microscope and its revelations. — 1891 nouvelle édition publiée par le Dr Dallinger.

Chevalier (Arthur). L'Etudiant micrographe ; Paris 1882.

Cole (Arthur, C.). The methods of microscopical research. Londres 1884.

Dippel (Leopold). Das Mikroskop und seine Anwendung, 2te auflage, Braunschweig 1882.

Francotte (P.). Manuel de Technique microscopique. Bruxelles 1887. (Applications du microscope à l'histologie animale, à l'anatomie comparée, etc.).

Giltay (E.). Inleiding tot het gebruik van den microscoop. Leiden 1885.

» Sept objets regardés au microscope, Leiden 1890. Excellent petit ouvrage d'initiation.

Griffith & Henfrey. The micrographic Dictionary, 3e édition. Londres, 1875. in 8° de 845 pages avec 812 figures et 48 planches en partie coloriées.

Harting (P.). Het mikroskoop, deszelfs gebruik, geschiedenis en tegenwoordige toestand. 4 vol. Utrecht 1848-54.

L'édition allemande qui suit est beaucoup plus complète et plus importante :

Harting (P). Theorie und algemeine Beschreibung des mikroskopes, 2te auflage. 3 vol. in 8° Braunschweig 1866.

Latteux (Dr P.). Manuel de Technique microscopique 3e édition, Paris 1887. Excellent, surtout au point de vue de l'histologie humaine.

Naëgeli und Schwendener. Das mikroskop. Theorie und anwendung desselben Leipzig 1867.

Pelletan (J.). Le microscope, son emploi et ses applications. In 8° avec 278 fig. et 4 pl. Paris 1866.

Robin (Ch.). Traité du microscope, in 8° avec 317 fig. et 3 pl. Paris 1871.

Schacht (H.). Le microscope et son application spéciale à l'étude de l'anatomie végétale. Paris 1865. Un peu vieilli mais encore toujours excellent à étudier.

Trutat (E.). Traité élementaire du microscope, Paris 1883.

Van Heurck (Dr Henri). Synopsis des Diatomées de Belgique. Grand in 8° 2 vol. texte et tables et un atlas de 139 planches contenant 3100 figures dessinées d'après nature. Anvers 1880-1885.

4. PHOTOMICROGRAPHIE.

Marktanner-Turneretscher. Die mikrophotographie. Hilfsmittel naturwissenschaftlicher Forschung. Halle 1890.

Moitessier (A.). La photographie appliquée aux recherches micrographiques. Paris 1866.

Neuhauss (Dr R.). Lehrbuch der mikrophotographie. Braunschweig 1890.

Pringle (Andrew). Practical photo-micrographie. New-York 1890.

Zeiss (Dr R.). Special-Catalog über apparate für mikrophotographie, Iena.

LIVRE V.

Le microscope dans le passé et dans l'avenir.

1. Le microscope dans le passé ; notions sur l'histoire du microscope.

Il résulte d'un passage de Sénèque que les anciens savaient qu'en regardant l'écriture à travers un globe de verre rempli d'eau, les caractères apparaissaient notablement amplifiés. Mais, c'est à l'eau qu'ils attribuaient le pouvoir grossissant et tout fait croire que les lentilles en verre leur sont restées inconnues. Toutes les assertions contraires qui ont été faites à ce sujet semblent reposer sur des erreurs.

Ce fut vers 1285 que Salvino d'Armato degli Armati, de Florence, trouva l'art de travailler le verre et d'en fabriquer des verres de lunettes.

On sait comment cela se fait. Le verre, sortant du creuset après avoir été lentement refroidi, est divisé en plaques minces à l'aide de la scie. Dans les ateliers de la maison Zeiss cette division se fait à l'aide d'une scie circulaire en acier dont la périphérie est incrustée de diamant.

Lorsqu'on a ainsi obtenu les plaques ou disques à l'épaisseur voulue, on les examine soigneusement à la loupe et l'on rejette impitoyablement toutes les parties présentant soit des bulles (fig. 201.), ou des fils (stries) (fig. 202), qui proviennent de ce que la matière en fusion n'a pas été brassée avec le soin voulu, ou n'a pas été tenue suffisamment en fusion, ou encore, n'a pas été refroidie avec les précautions nécessaires.

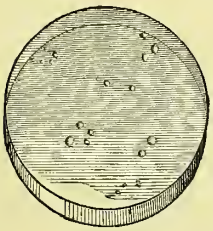


Fig. 201.

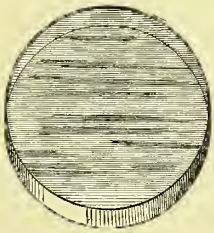


Fig. 202.

Ce refroidissement en effet est une affaire de grande conséquence. Il doit être très lent, sinon le verre se fendille, et parfois il faut le prolonger pendant des semaines et même des mois.

Le verre montrant des bulles ou des stries, des stries surtout, donnerait des images plus ou moins troubles par suite des réfractions inégales des différentes parties de la lentille.

Le verre étant réduit en plaques, on le découpe en morceaux de grandeur approximative en les usant, à l'aide de grès tamisé et

mouillé, dans des moules en fonte de forme convenable et placés sur un tour ou sur des outils spéciaux mus généralement, dans les grands ateliers tels que ceux de Zeiss, par la vapeur.

Quand le verre est dégrossi et a à peu près la courbe voulue on commence le travail sérieux et définitif. Ce travail se fait à l'aide d'un tour horizontal spécial que l'on nomme « *Tour d'opticien.* »

Ce tour (fig. 203) se compose d'une table solide, ordinairement en noyer. Sur la gauche se trouve un arbre vertical maintenu dans des collets et terminés par une pointe qui pivote dans une pièce placée sur un support transversal inférieur.

Fig. 203.

A cet arbre se trouve fixé un volant et à son extrémité supérieure une pièce de fer placée horizontalement reçoit une poignée de bois.

Sur la droite du tour se trouve un arbre semblable au précédent et muni d'une poulie. La poulie et le volant sont réunis par une corde de cuir. L'outil est, à l'aide d'un pas de vis, fixé sur l'extrémité supérieure de la tige placée à droite. Cet outil, qui est en cuivre, est concave pour les lentilles convexes et se nomme alors *bassin* (fig. 204) ; il est convexe

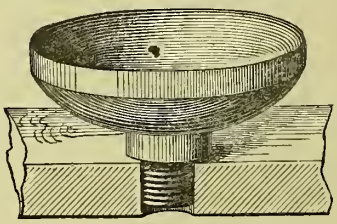


Fig. 204.

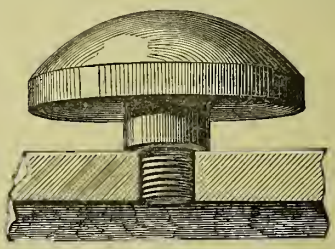


Fig. 205.

pour les lentilles concaves et s'appelle alors *balle* (fig. 205.)

On fabrique ces outils en découpant, dans une planche de cuivre

ou d'acier, une courbe d'après le rayon voulu. L'outil est ensuite façonné sur le tour ordinaire jusqu'à ce qu'il s'adapte parfaitement sur la planche découpée que l'on nomme *calibre*.

Le morceau de verre, dont l'une des faces doit d'abord être rendue plus ou moins plane, ce qui a été obtenu par le sciage, est, après avoir été dégrossi, ensuite *apprêté*, ce qui se fait en l'usant dans des moules (balle ou bassin) de fer à l'aide d'émeril n° 1 et 2.

On l'achève ensuite dans le bassin précis à l'aide d'éméril n° 5.

Le verre étant apprêté on le doucit, on le raffine, et on le polit, ce qui se fait en employant successivement des éméris de plus en plus fins et finalement à l'aide de potée d'étain humectée d'eau.

Pour toutes ces opérations le verre est fixé sur un petit manche en liège que l'on nomme *molette*. La lentille s'y fixe à l'aide d'un mastic de poix et de cendre ramolli par la chaleur.

La lentille achevée est sertie, sur le tour de mécanique, dans sa monture, si elle doit rester à l'état de lentille simple ou, si elle est achromatisée elle est d'abord, à l'aide de Baume de Canada, collée à sa lentille complémentaire.

Les lentilles serties sont vissées ensuite les unes sur les autres ; anciennement, et cela a encore lieu dans la plupart des ateliers, on faisait ce montage empiriquement, c'est-à-dire, que l'on visse les lentilles les unes au-dessus des autres et l'on essaie alors jusqu'à ce l'image donnée soit convenable.

On peut par ce moyen obtenir des combinaisons excellentes mais les objectifs présentent toujours quelques inégalités et beaucoup de lentilles doivent être rejetées.

Dans les ateliers de Zeiss, ces combinaisons sont réglées par des appareils très précis et très ingénieux et les objectifs ne sont essayés au microscope qu'après leur entier achèvement.

Tels sont, sommairement, les procédés que l'on emploie actuellement pour la fabrication des lentilles. Primitivement on fabriqua des lentilles de faibles courbures, destinés uniquement à servir de verres de lunettes, on les améliora successivement, les courbures devinrent de plus en plus fortes et les lentilles plus petites ; c'est ainsi qu'on fût amené insensiblement à les employer comme loupes et comme microscopes simples.

Il existe une gravure faite d'après un tableau de Raphaël, datant de 1513-1520, au Palais Pitti à Florence, où le pape Léon X est représenté regardant des miniatures à l'aide d'une loupe.

C'est en assemblant des verres de lunettes que Zaccharias Janssen trouva, dit-on, le microscope composé.

Mais il convient de traiter séparément l'histoire du microscope simple et celle du microscope composé.

Microscope simple. Nous avons vu plus haut comment le travail des verres de lunettes conduisit à la construction des loupes et comment celles-ci, devenant de plus en plus convexes, et, par conséquent de plus en plus puissantes, purent être qualifiées du titre de microscope.

Le premier microscope, dont il est question dans les auteurs, et désigné sous le nom de *vitrum pulicarium* consistait en une petite boite cylindrique (fig. 206) ; la lentille grossissante était enchassée dans le couvercle antérieur et le couvercle postérieur ou fond se composait de deux petits verres entre lesquels se déposait l'objet à examiner, qui, généralement, était une puce et, de là, le nom que l'on donnait à l'instrument.

Fig. 206.

On se servait aussi du microscope à graines, petit joujou que l'on trouve encore souvent chez les petits opticiens et dans les bazars et qui se compose d'un petit cylindre en cuivre à côtés ouverts sur la plus grande partie de la longueur et revêtu intérieurement d'un tube de verre pour admettre la lumière. Le dessus est fermé par une loupe et sur le fond on dépose un mélange de graines diverses.

Une autre forme de microscope primitif consistait en une loupe enchassée dans une monture portée par un petit pied. Une aiguille est fixée à une petite distance de la lentille. L'objet à examiner était piqué sur la pointe de l'aiguille.

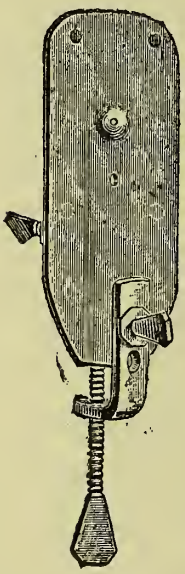


Fig. 207

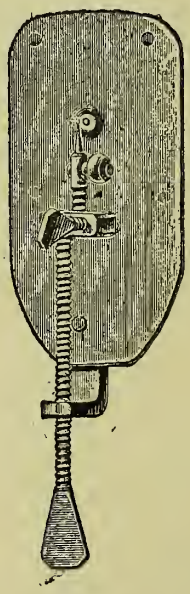


Fig. 208.

C'est ce microscope là qui donna naissance au microscope de Leeuwenhoeck et avec lequel cet illustre micrographe fit de si belles découvertes.

Le microscope de Leeuwenhoeck (fig. 207 et 208) différait du précédent par la perfection de ses lentilles, qui étaient très grossissantes et par ce que la pointe, portant l'objet, pouvait à l'aide d'une tigue filetée, être haussée ou baissée. La tige faisait légèrement ressort et un petit écrou permettait d'approcher l'objet de la lentille de façon à obtenir une parfaite mise-à-point.

Leeuwenhoeck avait des microscopes de tous les grossisse-

ments ; on en connait donnant depuis 40 diamètres jusqu'à 270 diamètres. Les lentilles sont biconvexes, très bien travaillées et Harting à pu, avec le dernier mentionné, voir jusqu'au quatrième groupe du test de Nobert.

Des microscopes simples plus ou moins analogues furent construits par divers micrographes, tous employèrent des lentilles taillées, mais celles-ci furent remplacées, par certains opticiens et micrographes, par des lentilles en verre fondu.

Celles-ci, paraît-il, furent en premier lieu imaginées par Hooke qui les fit connaître en 1665 dans sa « *Micrographia* »

Un grand nombre de micrographes les employèrent et les décrivirent ; parmi eux le Père della Torre de Naples (1776) semble avoir particulièrement réussi à construire des globules donnant de forts grossissements.

Le dernier savant, qui semble s'être occupé avec succès de la production de pareils globules, est Lebaillif. La méthode employée par cet habile observateur a été décrite comme suit par Ch. Chevalier dans son traité du microscope.

Deux conditions sont nécessaires pour obtenir des globules parfaits : 1° Il faut leur donner une forme sphérique. 2° Il importe que le verre, dont on fait usage, soit pur et exempt de bulles.

Pour éviter les bulles, il faut prendre un morceau de verre à vitre facile à fondre et passablement pur. Si on dirige brusquement, sur ce verre, la flamme d'une chandelle animée par le chalumeau, il se fendille et souvent même on peut, en conduisant la pointe du jet sur l'extrémité d'une fente, parvenir à donner aux fragments une forme allongée (Il est bon que leur largeur n'excède pas 5 à 6 millimètrès.). Par ce moyen, on évite les éraillures que le meilleur diamant occasionne aux angles des bandes qu'il détache ; les bulles sont presque toujours le résultat de ces éraillures qui persistent malgré la fusion.

On prend un de ces fragments que l'on soude par ses deux bouts à des morceaux de verre ou aux extrémités de deux petits tubes ; saisissant alors à deux mains, ces appendices accessoires : on présente le fragment central à la partie la plus chaude de la flamme, et bientôt il prend à peu près la forme d'un cylindre d'un demi-millimètre de diamètre. Lorsqu'on a une suffisante longueur de verre ainsi façonné, il est bon de l'examiner à la loupe pour choisir les parties les plus pures, puis on les remet au feu pour les allonger en fils dont on proportionne la grosseur à celle des globules que l'on veut obtenir. Si l'on est parvenu à détacher des fragments de verre assez longs, il devient inutile de les souder aux appendices.

Il nous reste maintenant à fondre les globules en leur conservant

une forme sphérique. Pour y parvenir, on prend un morceau de fil de verre que l'on coupe par un bout dans la flamme, car la fracture pourrait déterminer des inégalités. Alors on saisit le fil par une de ses extrémités avec une pince d'horloger et en présentant le bout opposé à la flamme, il se contracte en un globule qui ne remontera jamais jusqu'à toucher les pinces, parce qu'elles empêchent le morceau de fil, qu'elles contiennent, de s'échauffer assez pour se fondre et se réunir au globule. Ce dernier reste suspendu par un pédicule fort délié que l'on place de côté dans la monture, pour qu'il ne trouble en aucune manière la netteté de la vision.

Ces globules sont d'autant plus ronds qu'ils sont plus petits.

Pour s'assurer de leur pureté, on les saisit avec la pince par leur pédicule et on les place entre l'œil et la lumière. Ils paraîtront parfaitement nets s'ils sont purs, et parsemés de taches noires s'ils contiennent des stries ou des bulles.

Une lampe à esprit de vin est préférable à une chandelle ; on est moins exposé à ternir ou à tacher son ouvrage.

Nous possédons le matériel qu'employait Lebaillif pour la fabrication de ses globules de verre, de même que divers globules montés par lui et nous pouvons certifier que l'image qu'ils donnent est très convenable.

Le microscope simple fut notablement amélioré par Wilson vers 1740. Wilson munit son instrument d'un miroir et le monta sur un pied (fig. 209).

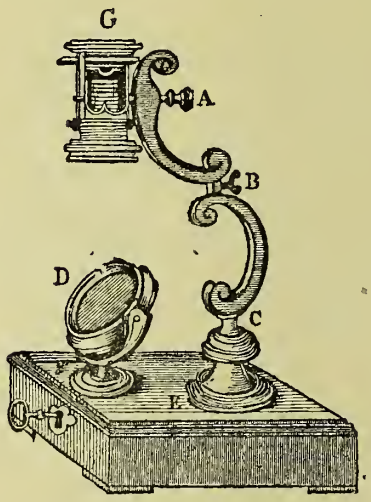


Fig. 209.

L'objet se déposait entre deux lames de verre que l'on serrait entre deux petites plaques de cuivre. Un tube fileté permettait de monter et de descendre l'objet à examiner jusqu'à la vision distincte. Un ressort à boudin poussant de haut en bas maintenait les plaques serrées et remédiait en même temps au temps perdu de la vis servant à mettre au point.

L'instrument de Wilson eût beaucoup de vogue et fut imité de tous les côtés.

Nous en possédons un fort intéressant exemplaire portant l'inscription : Jacobus Lommers fecit Utrecht A° 1758. Les différentes lentilles portent un pas de vis qui permet l'adaption d'un court tube muni d'un oculaire afin de transformer le microscope simple en microscope composé.

Cuff apporta au microscope simple les mêmes perfectionnements

qu'il avait apportés au microscope composé, c'est-à-dire, qu'il rendit la platine libre de façon à ce que l'on pût y travailler commodément.

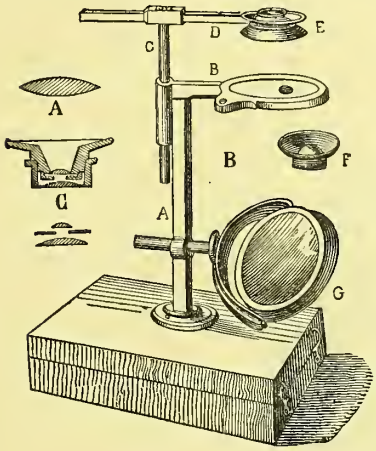


Fig. 210.

Ce microscope, que Cuff construisit vers 1750 pour Ellis, est encore le type de ceux que l'on fait aujourd'hui.

L'instrument (fig. 210) était composé d'un pilier de cuivre A, se vissant sur la cassette et supportant un bras B terminé par un anneau dans la rainure duquel s'adaptait un disque de verre servant de porte-objet. Les corps opaques se plaçaient sur une tache noire vers le milieu du disque. Sur le côté droit de l'anneau, on entrait à frottement, dans un trou pratiqué à cet effet, une pince destinée à tenir les insectes. Une tige cylindrique *c*, tournant dans un cylindre creux soudé au pilier A, permettait d'élever ou d'abaisser à volonté la branche D portant les lentilles. Cette dernière branche glissait d'avant en arrière dans la boite qui termine la tige C, et ces divers mouvements permettaient de faire parcourir aux lentilles toute la surface du porte-objet. Les lentilles se fixaient, au moyen d'un pas de vis, dans l'anneau terminant la branche D. Elles étaient de deux sortes : les unes E, enchassées au milieu d'un miroir concave en argent, servaient pour examiner les objets opaques ; les autres, sans miroir et semblables à celle figurée en F, servaient pour examiner les objets transparents. Au dessous du porte-objet était un miroir concave en verre G, pouvant se mouvoir facilement en tous sens et servant à éclairer les objets de bas en haut.

Si, dans cet instrument, on remplace la lentille simple A par le doublet C, dont nous avons déjà parlé dans le corps de cet ouvrage, on aura un instrument pouvant encore servir utilement de nos jours.

Vers la fin du premier tiers de ce siècle, Raspail reprit le microscope de Cuff et y apporta une série de modifications heureuses. La tige C fut remplacée par une crémaillière et le mouvement d'avant en arrière de la tige D s'effectua à l'aide d'une vis.

L'instrument reçut en outre des diaphragmes et une série d'accessoires, et le bras E, portant les lentilles simples, pouvait être remplacé par un autre portant un microscope composé achromatique. Grâce à ses écrits, où l'instrument était chaudement recommandé, ce microscope se vulgarisa tellement qu'on ne le connut plus que sous le nom de « *microscope de Raspail.* »

Fig. 211.

ZACCHARIAS JANSSEN

INVENTEUR DU MICROSCOPE.

fac-similé

d'après P. Borellus, De Vero Telescopii inventore.

Mais, cette vogue ne pouvait se maintenir. Le microscope composé se perfectionnait de jour en jour et bientôt il supplanta définitivement le microscope simple dont l'usage se réduisit à celui qu'il a encore de nos jours : d'auxiliaire commode dans les dissections microscopiques.

Microscope composé. L'invention du microscope composé est attribuée, nous l'avons déjà dit, à Zaccharias Janssen (fig. 211) modeste lunetier de Middelbourg, dont la demeure était accolée à l'Eglise.

Les Italiens ont, dans ces derniers temps, revendiqué l'invention pour Galilée — on ne prête qu'aux riches ! — mais, rien n'est venu jusqu'ici infirmer les recherches sérieuses et consciencieuses de Harting et il est démontré que l'instrument de Galilée formé d'un objectif convexe et d'un oculaire concave n'est nullement l'instrument de Janssen.

Les recherches de Harting, fort détaillées dans son intéressante brochure (1), montrent que l'invention de Janssen peut être reportée jusqu'en 1590. La disposition de l'instrument n'est pas connue, mais on sait qu'il se composait de un ou deux tubes emboités l'un dans l'autre et terminés par des lentilles convexes.

On conserve toutefois à Middelbourg un instrument dit « microscope de Janssen », et qui, d'après Harting, peut remonter jusqu'à lui sans être l'instrument primitif.

Ce microscope dont nous possédons un fac-similé absolument exact, exécuté sous la direction de M. Mayall se compose de 4 tuyaux en fer soudés et recouverts intérieurement d'étain.

Le tuyau A extérieur (fig. 212) a le plus grand diamètre, il contient les tubes B et C qui s'y adaptent par frottement.

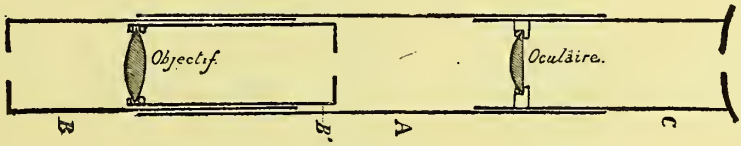


Fig. 212.

Le tube B contient lui-même un quatrième tube B' qui porte inférieurement la lentille objective biconvexe dont le foyer est de 3 pouces environ.

La lentille oculaire a également trois pouces de foyer ; elle est plano-convexe et maintenue par un anneau de fil de fer dans une cellule en bois. Le tube C, qui la contient, se termine supérieurement par un diaphragme concave.

(1) *De twee gewichtigste nederlandsche uitvindingen op natuurkundig gebied* — sans lieu ni date.

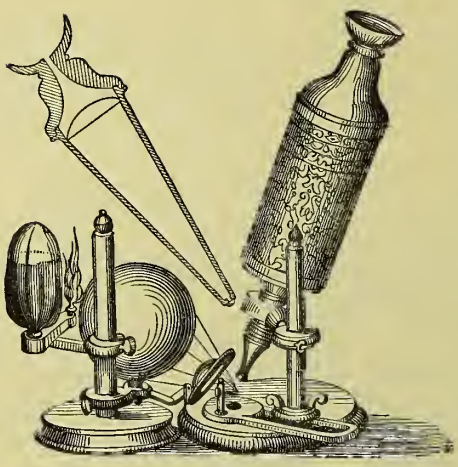


Fig. 213.

Le tube B', qui contient l'objectif, se termine supérieurement par un diaphragme qui affleure le bout.

Le tube B se termine inférieurement par un diaphragme.

Pour employer le microscope on poussait profondément B' dans B et on étirait les tubes B et C autant que possible du tube extérieur A. L'instrument se dirigeait vers l'objet.

Le plus ancien microscope dont on possède la figure est celui de Hooke (fig. 213) qui est représenté dans la « *Micrographia* » de cet auteur, publié en 1665.

Le tube avait environ 18 cent. de long, et était formé de 4 tubes emboités pouvant être tirés pour augmenter le grossissement. Outre l'objectif et l'oculaire, il y avait un verre intermédiaire mais que Hooke enlevait dans ses observations délicates.

Le tube pouvait s'incliner et un pas de vis qui le terminait permettait la mise-à-point. On ne pouvait regarder que des objets éclairés par dessus et un globe de verre concentrait, à cet effet, les rayons d'une lampe sur l'objet.

Campani qui vivait à la même époque, avait de son côté imaginé un microscope dépourvu de verre de champ mais qui permettait de voir les objets transparents en dirigeant l'instrument vers la lumière.

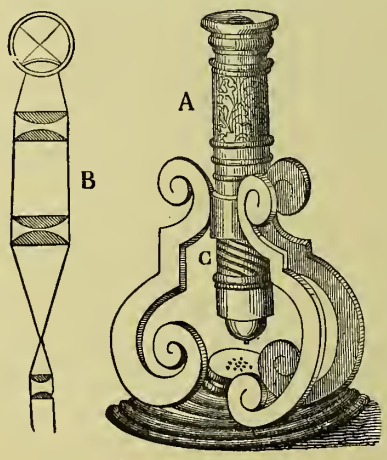


Fig. 214.

Nous ne pouvons, dans cette courte note, énumérer tous les appareils successivement imaginés et qui n'eurent qu'une réputation bornée. C'est ainsi que nous ne parlerons ni du microscope du Père Chérubin d'Orléans (1671) qui imagina également un microscope binoculaire, M. Nachet possède un microscope semblable et fort curieux dans sa collection ; ni de celui de Grindelius (fig. 214) (1687), très semblable comme aspect au précédent, mais très curieux par la disposition de verres de l'oculaire et de l'objectif.

Nous en venons donc directement

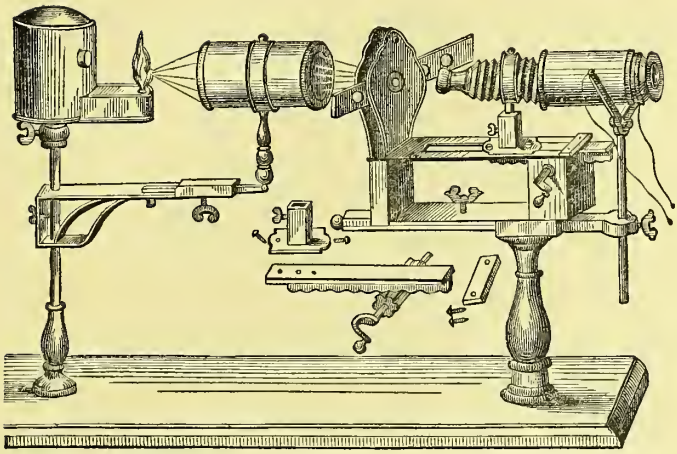


Fig. 215.

au microscope si intéressant que le Père Bonanni figure dans sa « *Micrographia curiosa* » publiée en 1691.

Ce microscope est extrêmement remarquable par ses dispositions.

Il est horizontal (fig. 215), possède un mouvement rapide par crémaillière (T, M) et un mouvement lent par vis.

Le tube contenait trois lentilles et Bonanni employait trois tubes pareils donnant chacun un grossissement différent.

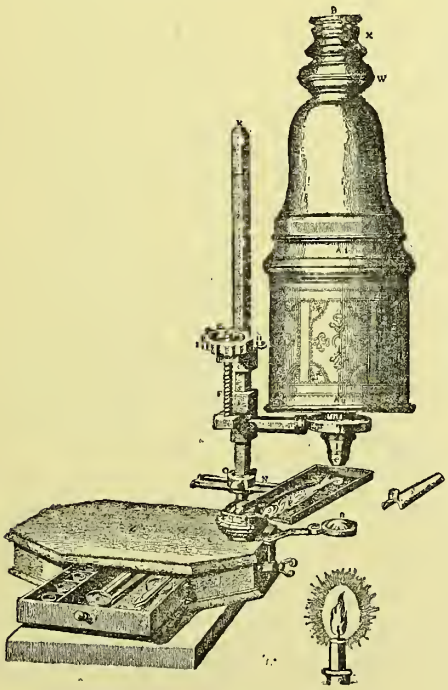


Fig. 216.

L'objet à examiner était serré entre deux ressorts et éclairé par une lampe dont les rayons étaient concentrés sur l'objet par un véritable condenseur formé de deux lentilles et qui pouvait se rapprocher ou s'écarter de la platine.

Cet instrument, comme on le voit, était fort parfait pour l'époque et présentait en germe toutes les dispositions actuellement adoptées.

John Marshall, opticien de Londres, fabriqua vers 1704 un microscope qui jouit d'une grande réputation (fig. 216) et qui diffère du précédent en ce qu'il y a une série d'objectifs.

Ce microscope peut s'incliner à l'aide d'une articulation à boule M ; la mise-à-point se fait approximativement en glissant tout le tube le long de la colonne

carrée K. Après l'avoir fixé à hauteur convenable à l'aide de la vis de pression H on achève la mise-à-point par le mouvement lent à vis F.

L'objet se dépose sur la platine C qui est dirigeable dans tous les sens et dont le fond est formé par une lame de verre.

Primitivement Marshall éclairait l'objet, d'une façon très incommode, à l'aide d'une lentille condensatrice R. Plus tard il la remplaça par un miroir plan.

Dans l'instrument de Marshall, que nous possédons, il y a six objectifs qui, successivement, peuvent être vissés au tube.

Leur série est fort bien combinée ; le tube étant enfoncé les grossissements donnés par ces objectifs sont :

N° 1	4	diamètres
2	7	»
3	12	»
4	25	»
5	50	»
6	100	»

quand on tire le tube de rallonge la grossissement augmente d'un quart.

Une particularité que nous n'avons vue signalée nulle part, c'est que la lentille oculaire est en verre enfumé, ce qui a, évidemment, été fait pour rendre moins apparents les bords colorés de l'objet.

Le but est parfaitement atteint et, avec les grossissements faibles les images sont remarquablement nettes.

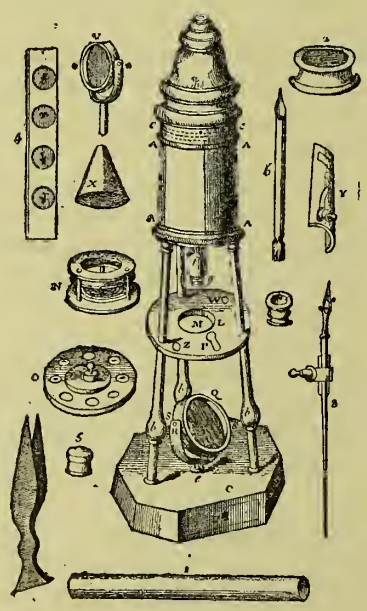


Fig. 217.

Il est curieux qu'aucun constructeur, postérieur, de microscopes non achromatiques, n'ait songé à imiter Marshall dans cette disposition.

Le microscope de Marshall fut supplanté quelques années après, vers 1738, par celui de Culpeper et Scarlet (fig. 217). Dans cet instrument la mise-à-point se faisait par glissement comme dans beaucoup d'instruments modernes, le tube extérieur et la platine étaient soutenus par trois colonnes.

Le miroir pouvait se diriger dans tous les sens et l'ouverture de la platine pouvait recevoir soit un diaphragme X soit une pièce à ressort N destinée à maintenir la préparation.

Divers accessoires que l'on voit sur la figure accompagnaient l'instrument.

Nous avons une série d'instruments de cette forme, datant de différentes époques, car on l'a fabriqué pendant longtemps, et, nous nous rappelons encore un vieil opticien anversois très renommé « *Ongania* » qui mourût durant notre enfance et qui avait de pareils instruments à sa vitrine.

L'exemplaire le plus parfait, que nous en ayions, est d'origine anglaise et doit, d'après l'instruction, écrite à la main, qui l'accompagne, remonter au milieu du siècle précédent. Il est accompagné de cinq objectifs de rechange.

Ce qui fit la grande vogue de ce microscope, c'est qu'il pouvait se construire entièrement en bois et carton, aussi les fabricants de Nuremberg s'en emparèrent-t-ils et en construisirent des quantités inombrables. Un de ces microscopes, dits de « *Nuremberg* », se vendait chez *Ongania* à 15 frs. !

Cependant la disposition de l'instrument était désavantageuse et il était surtout difficile de manier convenablement la préparation. On s'en aperçut bientôt et on dégagea la platine.

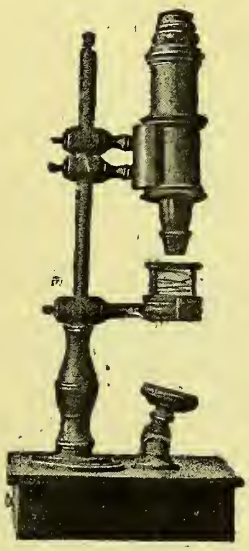


Fig. 218.

C'est ainsi que dans un instrument de Nuremberg que nous possédons et qui a appartenu à un médecin anversois *Vervliet*, mort en 1764, le porte-tube est muni latéralement de deux bras superposés qui lui permettent de glisser sur une tige isolée (qui porte aussi la platine) et qui permettent de fixer le dit porte-tube à une hauteur quelconque sur cette tige (fig. 218).

La dernière mise-à-point s'obtient par le glissement du tube dans le porte-tube.

Nous ignorons le nom du constructeur. L'instrument porte la marque de fabrique (fig. 219) brulée au fer rougi, que portent aussi d'autres de nos microscopes de Nuremberg.

Fig. 219.

Dans la dernière moitié du siècle précédent apparaissent quelques constructeurs vraiment connaisseurs et qui établissent des instruments qui présentent réellement de l'intérêt et des innovations remarquables, ce sont : Cuff, Jones, Adams, Martins et Dellebarre.

L'instrument de Cuff fut breveté en 1744 et présente beaucoup de dispositions heureuses (fig. 220). La platine est libre et peut recevoir supérieurement toute une série de pièces et *inférieurement un diaphragme.*

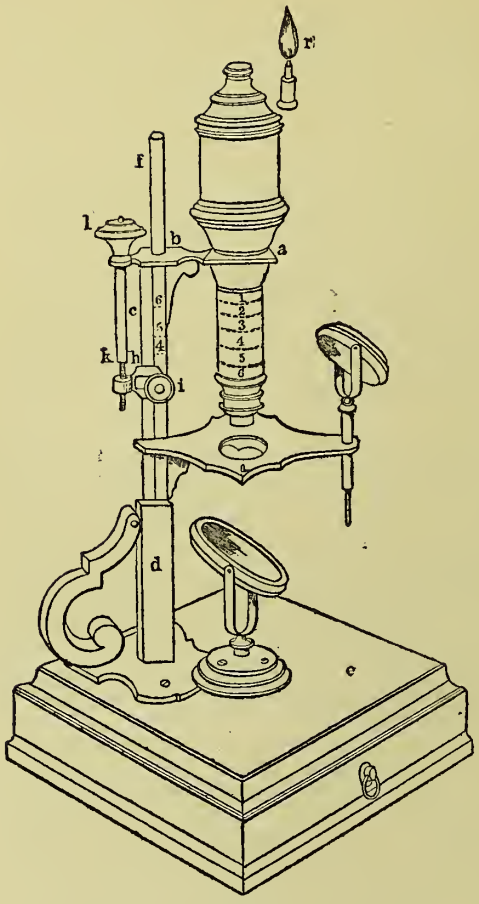


Fig. 220.

Le miroir est libre dans tous les sens.

Le mouvement prompt se fait par glissement de la boite C, le long de la tige carré-plate B.

Une vis de rappel *c* sert à la mise-à-point exacte.

Enfin tout le corps du microscope peut s'enlever du support à anneau *a a* pour le changement des objectifs. Ceux-ci, dans notre exemplaire, sont au nombre de six et très bien travaillés.

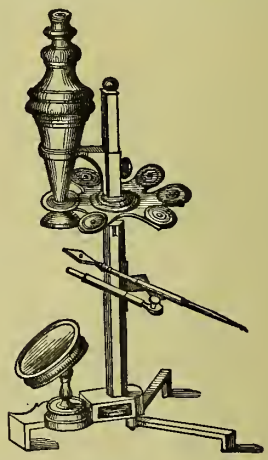


Fig. 221.

Adams construisit divers modèles de microscope. Le premier (fig. 221) qui dâte de 1776 n'a pas de platine ; les lentilles sont disposées sur une plaque tournante ou revolver et il y a un mouvement lent dont le bouton est caché dans la boite qui surmonte le trépied qui porte l'instrument.

Adams a construit un grand nombre de modèles différents.

Son microscope variable (fig. 222) était monté sur une roue dentée qui permettait de l'incliner sous tous les angles. Le mouvement prompt se produisait par une crémaillière et le mouvement lent par une vis de rappel imitée de Cuff.

Nous possédons de ce constructeur un microscope de poche qui est un petit bijou. Les formes générales se rapprochent du microscope

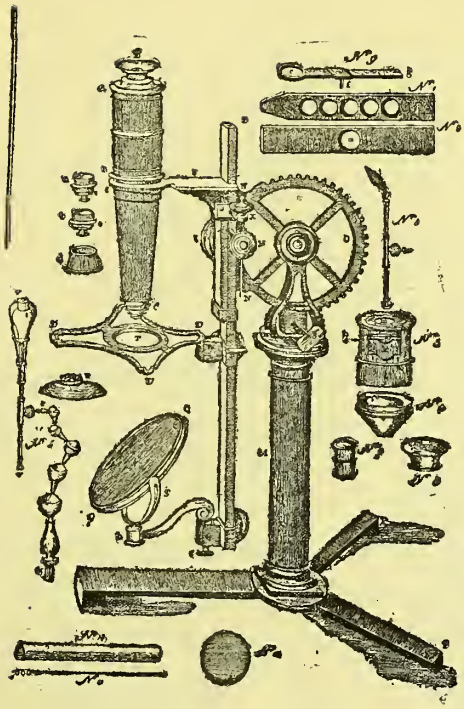


Fig. 222.

de Cuff, mais le mouvement lent s'opère par un bouton surmontant la tige-support comme dans nos microscopes actuels.

Tout le microscope s'adapte par glissement à une queue d'aronde fixée sur la boite.

L'instrument se renferme dans la même boite, qui est couverte en gainerie et qui n'a que 18 cent. de long. sur 10 c. de largeur et 4 1/2 c. d'épaisseur ; on peut donc facilement la mettre en poche. Ce microscope est accompagné de six objectifs et de tous les nombreux accessoires que l'on utilisait à cette époque.

Le microscope de Dellebarre, fût décrit en 1778, dans un rapport présenté à l'Academie des sciences de Paris. L'instrument tout entier est supporté par trois pieds surmontés d'un plateau rond qui donne naissance à une colonne carrée (fig. 223) sur laquelle glissent toutes les pièces qui peuvent également être fixées par des vis de pression.

Ces pièces sont à commencer par le bas :

1. Un miroir plano-concave de très grande taille.

2. Une lentille condensatrice.

3. La platine qui est formée par un anneau très large où se dépose une lame de verre *o* n'ayant pas moins de 7 cent. de diamètre. Une crémaillière permet de rapprocher la platine de l'objectif.

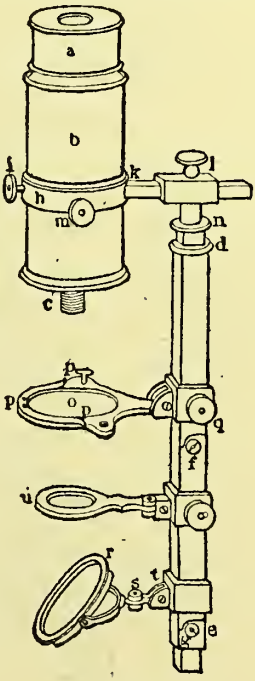


Fig. 223.

Le corps du microscope est porté par un anneau ; il est mobile d'avant en arrière et peut également se mouvoir

latéralement de façon à parcourir toute l'étendue de la platine.

Les objectifs sont au nombre de trois.

Mais ce qui caractérise le microscope de Dellebarre, c'est que l'oculaire n'a pas moins de six verres pouvant se combiner de toutes les façons possibles.

Le champ était excessivement vaste et l'observation très fatiguante ; aussi Dellebarre y renonça-t-il par la suite et l'instrument, que nous avons en ce moment sous les yeux, n'a qu'un oculaire formé de deux verres, l'un en crown vert, l'autre en flint. L'objectif est en crown blanc.

Dellebarre prétendait obtenir l'achromatisme par sa combinaison, et, en réalité, les fausses couleurs ne sont guère aussi perceptibles que dans les autres microscopes de l'époque.

Ce microscope reçut beaucoup d'éloges. L'*Athenée des Arts* de Paris décerna un médaille d'argent, le 22 floréal an XI, au constructeur.

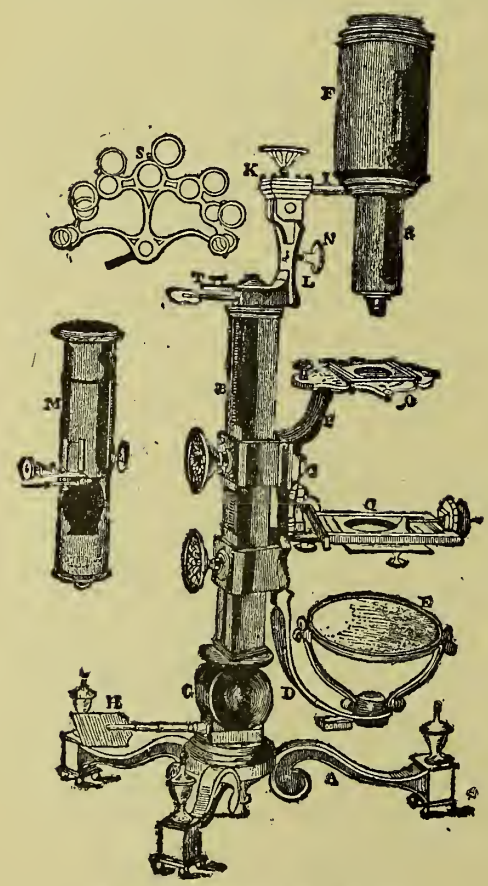


Fig. 224. Microscope de Martin.

Cette médaille nous a été confiée par son arrière petit-fils, qui la conserve précieusement, pour la faire figurer à l'Exposition d'Anvers.

Louis François Dellebarre, appartenait à la noblesse française ; son vrai nom de famille était *de Streck*, il naquit à Abbeville le 16 Août 1726.

Il fût obligé, pour ses opinions religieuses, de se refugier en Hollande où il prit le nom de Dellebarre. Plus tard il revint à Paris où il mourût le 16 Mars 1805.

Mais, ses enfants, qui avaient tâté des libertés flamandes, retournèrent en Hollande à la mort de leur père et s'y établirent définitivement.

Le *grand microscope universel de Martin*, qui fut construit vers 1780 et dont il existe, à Londres, un bel exemplaire qui a appartenu à *Quekett*, est

un instrument fort élégant et établi avec luxe et coquetterie (fig. 224).

Le pied est à trois branches ; la barre est triangulaire et munie d'une articulation à sa base pour l'inclinaison. Celle-ci se produit par l'action d'une vis sans fin mue par la clef H et agissant sur un engrénage.

Le miroir est articulé pour la lumière oblique et mobile dans tous les sens.

La platine O peut se remplacer par une autre platine Q munie de mouvements micrométriques.

Enfin le corps du microscope, F R, peut s'enlever et peut être remplacé par un microscope catadioptrique M.

Tout l'instrument est travaillé avec une précision et un soin fort extraordinaires pour l'époque.

Nous avons encore à parler du microscope de Jones, (année 1798); le microscope dit « perfectionné » a évidemment servi de type au microscope universel de Ch. Chevalier dont nous parlons plus loin.

Nous voici arrivé au siècle actuel pendant lequel le microscope devait faire de si énormes progrès.

Déjà, vers la fin du siècle dernier, en 1791, un amateur hollandais, Beeldsnyder, avait construit un objectif achromatique formé de deux lentilles extérieures convexes, en crown, et d'une lentille intermédiaire biconcave en flint.

Les lentilles sont travaillées soigneusement et l'objectif vissé sur un bonne monture d'Amici donne une image très convenable.

Son compatriote Van Deyl alla beaucoup plus loin. Après avoir, à une dâte qui n'a pas été fixée, fait une lentille achromatique, il reprit le travail en 1807 alors que déjà il atteignait sa 70e année.

Il fit un microscope, du modèle de Jones et y adapta deux lentilles achromatiques l'une ayant 18 mm. de foyer, l'autre n'en ayant que 13. Les lentilles sont concavo-convexes et la *concavité* qui est très légère *est tournée vers l'objet.*

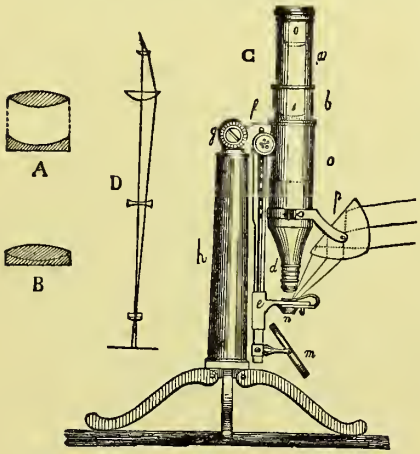


Fig. 225.

Nous nous rappelons les essais que nous fîmes dans le temps à Utrecht avec Harting. Les images sont belles et, quand on superpose les lentilles, les images ne sont pas inférieures à celles de beaucoup d'objectifs de même force d'il y a vingt à trente ans.

Malheureusement Van Deyl parait ne pas avoir lui-même tenté

cet essai qui aurait fait une révolution complète dans le microscope.

Nous devons maintenant aller jusqu'à 1824 pour trouver un nouvel essai sérieux. Selligue, à cette époque, fit construire un microscope, dit achromatique, par MM. Vincent et Charles Chevalier.

Dans cet instrument, (fig. 225) que Selligue, mécanicien, fit construire sur ses dessins, il y a trois ou quatre lentilles plano-convexes achromatiques superposées, (idée dûe à Ch. Chevalier) ; la face convexe est tournée vers l'objet. Entre l'oculaire et l'objectif se trouve une lentille biconcave destinée à augmenter le grossissement.

Les lentilles ont 12 1/2 mill. de diamètre et environ 37 mill. de foyer.

Immédiatement au dessus de la lentille supérieure se trouve un très petit diaphragme ; l'ouverture en a à peine 2 1/2 mill. de diamètre.

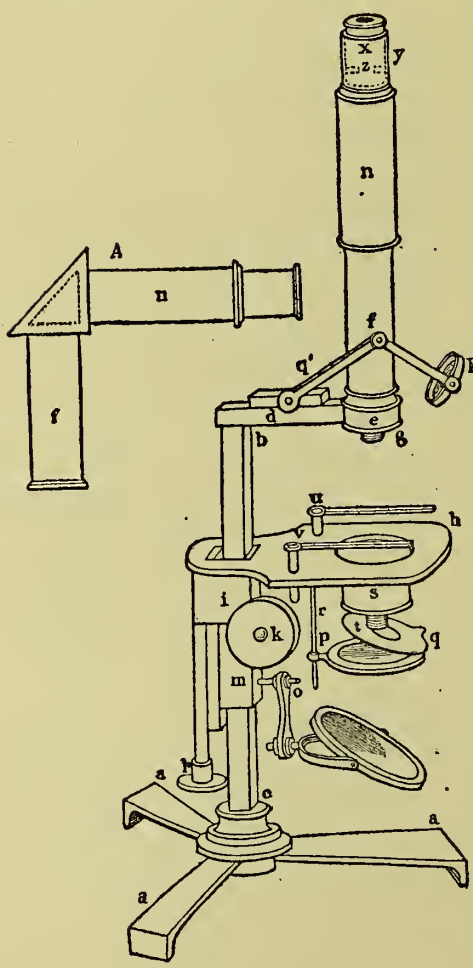


Fig. 226.

Les images se montrent bien achromatisées, mais l'objectif est incapable de résoudre aucun détail délicat. C'est ainsi que les écailles du « *Macroglossa Stellatarum* » ne montrent aucun détail, tandis que des microscopes non achromatiques antérieurs montrent les lignes longitudinales !

Il parait que peu de microscopes pareils ont été construits, car ils sont excessivement rares. Nous croyons qu'on n'en connait actuellement aucun autre exemplaire que celui que nous venons de décrire.

Vincent et Ch. Chevalier avaient fait seuls tous les frais d'essai et de construction du microscope dit de « Selligue »; aussi, furent-ils justement froissés de ce que leur nom ne fut même pas mentionné dans le rapport présenté à l'Academie. Ils firent connaître leur mécontentement dans une brochure qu'ils publièrent en 1825 et

où ils décrivent en même temps un microscope analogue construit, disaient-ils, erronément, d'après des indications d'Euler, publiées en 1774, et, dont la lentille unique avait 8 mill. de foyer et 4 mill. de diamètre. Le crown et le flint furent, ici, pour la première fois, réunies à l'aide de Baume de Canada.

Deux ans plus tard, en 1827, Amici apporta à Paris son microscope achromatique composé que nous représentons dans la fig. 226 ci-contre. Le microscope que nous avons en ce moment sous les yeux, et qui fut construit vers 1835 est tout semblable à la figure. Le mouvement rapide est produit par une crémaillière *k* et le mouvement lent par la vis de rappel *l*.

Le tube ordinaire peut être coudé par une pièce à prisme A.

La platine *h* est beaucoup trop petite pour un travail sérieux et l'instrument manque de stabilité.

Il y a quatre objectifs ; les lentilles de quelques uns d'entr'eux peuvent se combiner de diverses façons entre-elles et en outre avec certaines lentilles accessoires. Le but de ces combinaisons est de donner une image nette avec diverses épaisseurs de couvre-objets.

L'image donnée par ces objectifs est très remarquable pour l'époque. C'est ainsi que l'objectif marqué O · : ⁝ donne une bonne image du pygidium ; elle devient même excellente quand on surmonte cet objectif de la lentille marquée 6.

Mais, l'instrument de ce temps qui obtint promptement une réputation considérable, ce fut l'instrument que Charles Chevalier réalisa en 1834 et à qui il donna, à juste titre, le nom de « *microscope Universel.* »

En effet, cet instrument peut s'employer avec un tube coudé comme microscope horizontal, aussi bien qu'avec le tube vertical ; le tube peut aussi se renverser, l'objectif étant dirigé vers le ciel, pour les observations de chimie, enfin, en un instant, on peut enlever le tube composé et le remplacer par un microscope simple.

Le mouvement prompt se donne par crémaillière et le mouvement lent par une vis de rappel assez compliquée mais très précise.

Le microscope possède un diaphragme tournant avec série d'ouvertures et que l'on peut, à volonté, écarter de l'axe du microscope en le redressant.

Nous allons indiquer, d'après Chevalier lui-même, comment il faut opérer pour faire subir au microscope universel ses diverses transformations.

La figure 227 représente l'instrument qui se visse sur un pied de cuivre. Dans ce microscope, le tube T se meut à frottement doux dans le tube Z, la tige D pivote dans la pièce S. Le tube portant les lentilles pivote aussi en P, afin de changer ces dernières.

Le porte-prisme V entre à frottement sur les tubes A et Z pour composer le microscope horizontal. Pour obtenir le microscope vertical, on enlève d'abord la pièce V avec le corps de l'instrument Z ; on sépare ensuite le porte-prisme V du corps Z, puis on ajoute à frottement ce dernier sur le tube A ; de la sorte, on a l'instrument vertical.

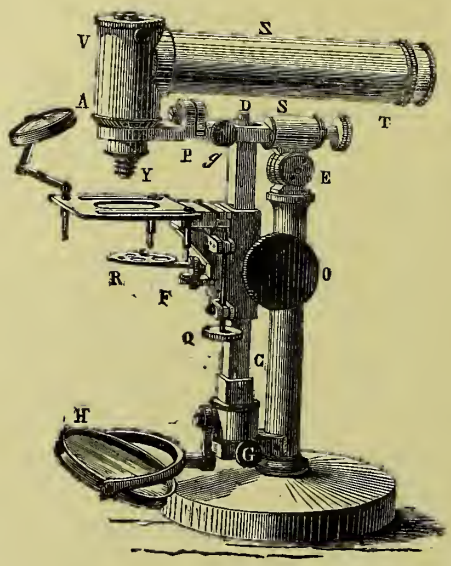


Fig. 227.

La pièce AP s'ajuste sur la tige D au moyen d'une goupille mobile à bouton *g*. La pièce V, entrant à frottement doux sur le tube A, donnerait le moyen de faire pivoter le corps Z et le porte-prisme V autour d'un axe qui passerait par l'objectif Y.

La tige C est fixée inférieurement sur la pièce E au moyen du bouton goupille G.

Le miroir H est mobile autour d'un anneau pour obtenir la lumière oblique. La platine est mise en mouvement par le pignon O. La vis de rappel Q donne le mouvement lent. Le diaphragme variable R est fixé sur une pièce à charnière et à pivot qui permet de le supprimer. Nous avons déjà vu comment on transforme le microscope horizontal en vertical : pour avoir un microscope simple, il suffit d'enlever le corps du microscope fixé au support sur la pièce PA au moyen du bouton *g* ; on le remplace par un anneau qui se fixe de même avec le bouton *g* et qui est destiné à tenir les doublets. Pour avoir le microscope chimique, rien n'est plus simple : faites décrire un quart de cercle de droite à gauche au tube Z et au porte-prisme qui se meut à frottement sur le tube A. Cela fait, retirez le

bouton G, et relevez la colonne C sur la charnière E, faites alors décrire un demi-cercle à l'appareil sur le pivot S, abandonnez le tout sur la charnière, afin que l'appareil se trouve horizontal, et vous aurez un excellent instrument disposé pour les expériences chimiques. Il ne vous restera plus qu'à retourner la platine et à poser dessus une plaque portant des lampes à alcool, si on désire faire intervenir la chaleur.

Ce microscope peut aussi s'employer à toutes les inclinaisons que l'on désire au moyen de la charnière E. Si l'on veut employer la lumière directe, on peut relever l'appareil horizontalement sur la charnière E, ou, cela fait, en faisant décrire un quart de cercle sur le pivot S, on le place encore dans la position horizontale sans difficulté.

Du reste au moyen de la charnière E et du pivot S, il est facile de concevoir que l'on peut diriger le microscope dans toutes les positions que l'on peut désirer. Si l'on a lu attentivement cette description, on pourra voir que le microscope universel réunit tous les avantages que l'on peut désirer.

Le microscope universel que nous possédons est accompagné de deux objectifs.

Le premier est un 1/2 pouce et a une ouverture numérique de 0.2.

Le second est un 1/5e de pouce et a pour O.N. 0,27.

Les images histologiques sont très convenables mais il ne faut pas, avec cette faible ouverture, essayer de trouver des détails dans les diatomées.

Plus tard, Ch. Chevalier construisit des objectifs très puissants, mais en suivant les mêmes errements, chacune isolément. Un 1/12e de pouce, que nous possédons, permet de résoudre le 6e groupe de Nobert.

Nous pouvons clôturer ici ce que l'on peut considérer comme l'histoire ancienne du microscope.

Le microscope actuel, le vrai microscope moderne dâte de l'époque où Amici introduisit dans la construction des objectifs des verres, spécialement des flints de nature différente et où chaque lentille ne fût plus achromatisée séparément. C'est cette dernière modification dans la construction qui permit d'augmenter l'ouverture numérique de l'objectif et qui lui permit de résoudre des détails de plus en plus délicats.

L'introduction de l'immersion, par Amici, vers 1855, fut la deuxième transformation importante que subit l'objectif moderne, et qui ouvrit la voie aux splendides résultats obtenus par nos constructeurs contemporains.

Cher Monsieur,

Lorsque, pendant votre dernier séjour à Iena, nous discutâmes diverses questions de l'optique du microscope, nous en vînmes, naturellement aussi, à parler de l'avenir réservé à ce puissant instrument d'investigation ; pour autant que nous pouvons en conclure avec les connaissances scientifiques et les moyens techniques dont nous disposons actuellement.

J'observai, à cette occasion, que, dans mon idée, le plus grand progrès que nous puissions encore réaliser, devait se faire dans une voie où l'on n'avait pas marché assez rationnellement. Toutefois, même dans cette voie, nous sommes déjà fort loin et bien près des limites possibles. Je vous promis d'exposer, par écrit, mes opinions sur la matière et je viens aujourd'hui remplir mon engagement.

Partons de la formule fondamentale qui établit la puissance réelle du microscope. Représentons par δ le plus petit intervalle d'une structure régulière que l'on puisse résoudre à l'aide d'un objectif optiquement parfait, par λ la longueur d'onde dans le vide de la lumière employée, et par α l'ouverture du système ; nous aurons alors pour la lumière centrale la formule

$$\delta = \frac{\lambda}{\alpha}$$

aussi bien selon la théorie d'Abbe que selon celle d'Helmholtz.

Un progrès dans le pouvoir du microscope est mesuré, en général, par la petitesse des éléments d'une structure qui peuvent être distingués ; nous pouvons donc représenter ce pouvoir par δ. Or, comme dans la formule, δ est simplement le quotient de deux grandeurs, nous pouvons le diminuer de deux façons soit, 1° *en rendant α plus grand* soit, 2° *en rendant λ plus petit.*

Dans la première voie, on sait, d'après les travaux de Abbe et de Helmholtz, que, augmenter la grandeur de α, c'est-à-dire *l'ouverture de l'objectif* est le résultat poursuivi avec succès, par tous les opticiens, pour perfectionner le microscope.

Examinons jusqu'où nous pouvons marcher dans cette voie et jusqu'à quel point nous sommes actuellement éloignés de sa fin.

Etablissons $\alpha = n \sin u$; formule où n représente l'indice de réfraction du médium devant la lentille frontale de l'objectif et u l'angle que forme avec l'axe de la lentille le rayon extrême qui peut y

pénétrer. Cet angle ne peut, pour des motifs d'ordre géométrique, en aucun cas dépasser à peu près 65° ; car, il doit dans tous les cas, rester un certain intervalle, quelque petit qu'il soit, entre l'objet et l'objectif, et cela tant pour le placement du couvre-objet que pour la mise à point. Il en résulte que sin. *u* ne peut guère s'élever au dessus de 0.95. Il n'y a donc, sitôt que cette limite géométrique est atteinte, ce qui est habituellement le cas dans les systèmes les plus forts, plus d'autre moyen que d'augmenter la valeur de *n*, l'indice de réfraction du médium placé devant l'objectif. C'est ce qui a conduit au principe de l'*immersion*, Il y a cependant à remarquer ici qu'il ne suffit pas de mettre entre le couvre-objet et la frontale un liquide d'immersion à indice suffisamment élevé, mais, il faut encore qu'il n'y ait entre l'objet et le médium d'immersion, aucune couche, quelque mince qu'elle soit, dont l'indice de réfraction soit inférieur à celui du médium. Sinon l'ouverture de l'objectif, quelque élevé que soit l'indice du liquide d'immersion *n*, se réduit à la grandeur $a' = n'$ quand n' est l'indice de la couche de l'indice le plus bas se trouvant entre l'objet et le liquide d'immersion. C'est ce que j'ai déja dit dans ma note intitulée « *Ueber ein system von der Apertur* 1.60 *etc.* (*On a system of the aperture* 1.60 *etc.*, *J. R. M. S.* 1890).

Or, la plupart des préparations exigent un *couvre-objet*. L'indice de réfraction des couvre-objets habituellement employés est de 1.52 à 1.53. Les couvre-objets de cette sorte sont faciles à fabriquer, peuvent par suite se fournir à bon compte et sont d'un usage commode. Mais ils ne peuvent être employés que pour autant que l'ouverture de l'objectif n'aille pas au delà de 1.45 environ.

Pour aller au delà, il faut, comme je l'ai indiqué dans ma note ci-dessus mentionnée, que le couvre-objet soit fait d'un verre plus réfringent et cela offre des difficultés multiples.

Il est bien vrai que la verrerie d'Iéna, de MM. Schott & Cie, a fait des verres de tous les indices possibles et, cela jusqu'à 2.00. Mais les lamelles faites avec un tel verre sont coûteuses. On ne peut plus les obtenir par le soufflage, mais elles doivent être obtenues de la même façon que toutes les lames planes que produit l'opticien. Elles doivent passer par le sciage, la réduction à l'épaisseur de environ 0,15 à 0,2 mm., puis elles doivent être polies. On commence par perdre durant ces opérations une très considérable quantité d'un verre coûteux et la main d'œuvre absorbe ensuite encore plus d'argent. Mais, cela n'est pas tout, lorsque les couvre-objets sont ainsi obtenus, on s'aperçoit que, dans l'emploi ils offrent maints inconvénients que l'on ne rencontre pas avec les lamelles ordinaires inconvénient que personne ne connait mieux que vous même, cher Monsieur Van Heurck. Ensuite, comme il a été dit, entre l'objet

et la frontale, tout doit avoir au moins le même indice de réfraction que le chiffre de l'ouverture de l'objectif. L'objet doit donc être préparé dans un médium d'un indice au moins équivalent. Cela n'est pas impossible, car nous possédons des médiums dont l'indice dépasse 2,0.

Mais, ces médiums et leur mode d'emploi présentent des inconvénients. Ce sont des préparations d'arsenic et de phosphore et qui doivent être chauffées pendant la préparation de l'objet. Or ces substances dégagent alors des vapeurs très vénéneuses et peuvent aussi occasionner des explosions. Il en résulte que la préparation d'un objet, à l'aide de ces substances, met en danger la vie de l'opérateur. De plus, leur emploi, pour l'objectif de 1.6, O.N., a mis d'autres inconvénients en relief : c'est que ces substances là attaquent le flint dont est fait le couvre-objet, celui-ci devient mat et empêche la vision au bout d'un temps variable, parfois très court.

Il s'agira de voir si cet inconvénient pourra être évité avec les objectifs, de grande ouverture que l'on essaiera de construire encore, mais il n'y a aucun motif de dire actuellement que cela sera possible. Au contraire ; on peut prévoir, dès aujourd'hui, que les couvre-objets en flint très réfringent seront toujours plus attaquables par les réactifs que le sont les couvre-objets ordinaires en crown ; et, par suite, les médiums utilisables seront en petit nombre. On peut prévoir aussi que les préparations faites avec ces verres spéciaux seront incomparablement plus coûteuses que celles faites avec les crowns usuels.

Mais, outre ces ennuis là, il faut encore réfléchir que des médiums pareils ne doivent pas être sans influence sur *les substances* à préparer ; si celles-ci, comme dans la majorité des cas, sont des substances *organiques*, elles peuvent être, si on emploie les modes actuels de préparation, ou attaquées ou même détruites soit par le médium soit par l'élévation de la température. Pareille altération peut arriver, même quand l'œil nu ne fait rien remarquer. La majorité des substances organiques demandera donc toujours, aussi bien que maintenant, des milieux peu réfringents dont l'indice habituel est 1.35 et tout au plus 1. 6. Ce sont ces motifs là qui empêcheront toujours qu'on augmente la puissance optique du microscope par augmentation de l'ouverture au delà du chiffre atteint aujourd'hui et nous forceront à chercher si nous ne pouvons, par un autre chemin, trouver la solution de la question.

II. Une autre voie existe réellement et, comme cela a déjà été dit plus haut, elle consiste à diminuer la valeur de λ qui représente la longueur d'onde de la lumière dont on se sert pour l'observation.

Par la diminution de λ il se produit dans tous les liquides d'im-

mersion, possédant une puissance dispersive normale, une diminution de n et celle-ci correspond à une augmentation qui agit sur la grandeur de δ dans le *même sens* que la diminution de λ. Toutefois celle-ci est relativement trop peu importante pour nous y arrêter.

Si nous observons avec la lumière ordinaire du jour (lumière réfléchie des nuages blancs), alors un grand nombre de longueurs d'ondes différentes agissent simultanément, à savoir toutes celles du spectre visible. Mais, l'énergie absolue (physique ou mécanique.) des rayons solaires n'est pas la même dans toutes les parties du spectre, de même l'œil n'est pas non plus également sensible — à excitation physiquement égale de la rétine, — à toutes les couleurs, c'est-à-dire, que l'énergie *physiologique* des raies des différentes couleurs est différente elle aussi. La conséquence de ce fait est que l'intensité de l'impression, que produit la lumière blanche des nuages sur l'œil normal, varie d'après la longeur d'onde, d'après une loi qui peut se représenter par une courbe ondulée dont le maximum de hauteur se trouve à $\lambda = 0{,}55\ \mu$. L'œil reçoit donc son impressien la plus vive des rayons de cette longueur d'onde et de ceux qui en sont les plus rapprochés et cette impression est tellement dominante que celle provenant des autres longueurs d'ondes, plus grandes et plus petites est, ou bien détruite ou au moins rendue inactive, excepté dans les cas où leurs propriétés équivalent à celles qui forment l'image $\lambda = 0.55\ \mu$. Si, au contraire, on parvient à supprimer ces rayons d'une longueur d'onde de $0{,}55\ \mu$ et qui agissent le plus énergiquement et ceux d'une longueur plus grande— en réalité ou physiologiquement — et que par suite, il ne parvienne à l'œil que les rayons plus courts, alors, dans des circonstances favorables, et, notamment, en employant des sources lumineuses assez intenses, alors, dis-je, on peut parvenir à rendre ces rayons courts, dans de certaines limites, actifs de leur côté. En effet, on connaît assez, combien la puissance de résolution, d'un objectif quelconque, est augmentée, quand on l'utilise dans la lumière bleue obtenue soit par un appareil combiné pour produire la lumière monochromatique, soit simplement même par l'emploi de solutions ou de verres absorbants. [1] On voit alors, que des stries, etc., qui restaient invisibles dans la lumière blanche, sont, avec le même objectif, et toutes les autres conditions restant égales, parfaitement résolues. En effet, l'œil est encore suffisamment sensible pour les rayons ayant une longueur d'onde de $0.44\ \mu$. de façon à obtenir, sur la rétine, une image très vive, dans ces rayons là seuls. Or, une réduction de 0,55 à 0,44 donne le même effet optique final, que si l'on élevait *l'ouverture* d'un objectif de

(1) Voir ce livre pages 124-125.

1.40 à **1.75** ! Comme on le voit, un progrès très considérable est réalisé ici par des moyens excessivement simples.

C'est pourquoi, il a été établi d'abord par Helmholtz et ensuite par d'autres, que la *photographie* était un moyen d'élever la puissance résolutive du microscope. Toutefois, la pratique n'a pas, ici, dans tous les cas, confirmé la théorie, et, cela, parce qu'on a négligé un facteur important qui est indispensable pour sa réalisation. En effet, il est nécessaire pour obtenir le résultat demandé, que l'objectif que l'on emploie pour la photographie, avec les rayons de faible longueur, soit construit de façon à donner avec de pareils rayons des *images tout aussi bonnes* qu'avec la lumière blanche que l'on emploie d'habitude. Or cela n'est pas d'ordinaire le cas. Au contraire, avec les objectifs achromatiques du type ordinaire, c'est-à-dire, les seuls que l'on eût, il y a quelques années, on ne *pouvait* y parvenir. Lorsque l'objectif était corrigé de façon à donner de bonnes images avec la lumière d'une longueur de 0,55 μ, alors les images obtenues dans la lumière de 0,44 μ étaient si mauvaises, c'est-à-dire, que les corrections chromatique et sphérique de l'objectif étaient si défectueuses dans ce dernier éclairage, que l'affirmation théorique de l'augmentation de la puissance résolutive ne pouvait se démontrer. On se tirait alors d'affaire, tout juste comme on le faisait et comme on le fait encore maintenant avec les objectifs photographiques ordinaires. On corrigeait l'objectif sphériquement, pour les rayons les plus actifs en *photographie* et la correction chromatique de l'objectif se faisait de façon que l'image formée par les rayons de 0,55 coïncidait localelement avec les rayons photographiques. On pouvait par suite, à l'œil nu, mettre l'image photographique suffisamment à point. Toutefois le résultat que l'on obtenait ainsi laissait encore à désirer, car 1° L'image *optique* active était *mauvaise* : elle était sphériquement sous-corrigée (trop peu corrigée) et chromatiquement sur-corrigée (trop corrigée) ; 2° La partie active du spectre, en photographie, était incomplètement concentrée (ou réunie) ; les images qui correspondent aux diverses longueurs actives du spectre, ne coïncident ni en lieu ni en grandeur par suite de la sous-correction chromatique de cette partie du spectre. Ces différentes images ne peuvent donc *s'ajouter l'une à l'autre*, au contraire, il y a risque qu'elles se gâtent mutuellement. On a essayé alors d'y remédier quelque peu en n'utilisant qu'une très petite partie du spectre. Il est clair que l'intensité de l'éclairage est fortement diminuée de cette façon, ce qui a ses inconvénients. En tout cas, les objectifs que les opticiens ont construit spécialement pour la photomicrographie ne pouvaient plus être employés avantageusement pour l'observation et inversement.

Le grand progrès qui a été réalisé, dans cette voie, par la con-

struction des *apochromatiques*, consiste en ce que, dans ces objectifs, les images données par les diverses longueurs d'onde du spectre, jusqu'au violet compris, coïncident pour la pratique, absolument en lieu et en grandeur. Aussi, le progrès que ces objectifs réalisent, est bien plus grand en photographie que dans l'observation directe. Aussi, depuis l'introduction de ces objectifs, la photomicrographie a pris une extension énorme et les cas sont nombreux où l'on a pu photographier et faire apparaître nettement des structures qui étaient invisibles ou à peu près invisibles dans l'observation directe.

Toutefois, à mon avis, tous les désidérata ne sont pas encore remplis par ces objectifs. On ne peut espérer le maximum de pouvoir résolvant, comme je l'ai déjà dit plus haut, que par l'emploi des rayons de faible longueur, *tous les autres rayons étant exclus*, car, lorsque les rayons de grande longueur contribuent à la formation du photogramme, alors les mêmes effets que nous avons déjà observés dans l'emploi de la lumière blanche, peuvent aussi se produire. C'est-à-dire, que les rayons les plus longs prédominent et cachent l'image plus faible donnée par les rayons plus courts, car, la plaque sensible n'a pas la valeur réelle qu'on lui attribue souvent au détriment de l'œil, de ne pouvoir être aveuglée. Au contraire, et ceci peut se faire et être bien compris d'après nos connaissances dans la chimie et la mécanique du procès photographique. Il n'y a donc, en réalité, rien à attendre ni des plaques dites orthochromatiques, ni des filtres de lumière verts, jaunes ou mêmes bruns. D'autre part, il est est reconnu, que très souvent la couleur naturelle de l'objet nous contraint à appliquer de pareils filtres, si l'on veut que les détails de l'objet soient bien rendus. Ce sont des motifs d'ordre photochimique qui nécessitent ces conditions. Ces classes d'objets sont donc exclus d'avance de l'espoir d'être plus avantageusement reproduits par la photographie.

Toutefois, cela ne veut pas dire que la photographie de pareils objets ne puisse offrir des avantages, mais ces avantages sont d'un autre ordre et dont il n'y a pas lieu de traiter ici.

Les cas, dans lesquels la photographie par l'objectif peut présenter des avantages sur la vision directe, c'est-à-dire, montrer davantage que cette dernière, et les limites jusqu'où ces avantages peuvent aller, dépendent des *deux circonstances suivantes* :

1. Que l'objectif soit corrigé de façon que l'image à obtenir par les rayons courts $\lambda = x$, soit nette par elle-même et coïncide localement avec le point où elle est ainsi pour l'œil, sinon on ne pourra pas la mettre au point. Cette correction qui s'obtenait jusqu'ici pour $\lambda = 0{,}44$ ou pour $\lambda = 0{,}5$ peut aussi s'obtenir pour des rayons beaucoup plus courts. On pourra trouver et déterminer par la pho-

tographie elle-même l'indice de réfraction des verres qu'il faudra employer pour l'objectif à utiliser avec des rayons qui n'ont plus une action marquée sur la rétine de l'œil ; et l'opticien, constructeur et mathématicien, dispose actuellement de moyens suffisants pour construire des objectifs qu'il pourra livrer au micrographe en lui donnant à priori l'assurance qu'ils sont corrigés convenablement pour les rayons invisibles et cela sans que l'œil ait à intervenir pour le contrôle. Pareille chose peut se faire pour *toute limite* désirée de λ.

2. En second lieu, il faut que la lumière des courts rayons désirés devienne *photographiquement* active. Il y a ici quatre considérations de second ordre :

1° Les rayons de la source lumineuse doivent *avoir* dans cette partie du spectre la petite longueur désirée et avoir une intensité suffisante. 2° Les grands rayons doivent être arrêtés par des filtres appropriés sans que, pour cela, l'intensité des rayons courts soit trop diminuée. 3° La *plaque* photographique doit être suffisamment sensible pour la lumière employée, et si la plaque a son *maximum* de sensibilité pour la lumière de longueur d'onde voulue, alors on obtient par son emploi le même effet que par celui des filtres. 4° Tous les milieux entre la source lumineuse et la plaque photographique doivent donner passage aux rayons courts en question.

Cette dernière condition, à mon avis, marque les limites les plus proches jusqu'où nous pouvons aller. Il est connu que les verres ordinaires ne laissent passer qu'une très petite fraction des rayons de 0,3. Les difficultés qui surgissent, en conséquence, pour l'emploi des rayons courts, sont énormes et on peut s'en faire une idée quand on lit les travaux des physiciens qui, comme CORNU et SCHUMANN, ont travaillé la photographie de la partie ultra-violette du spectre. J'en conclus que l'emploi de rayons lumineux d'une longueur de **0,35** μ est la dernière limite qu'on pourra atteindre, dans un temps déterminé à moins qu'on ne complique le travail au delà de toute mesure.

Mais, pour en arriver là, il faudra des travaux considérables où les opticiens, les physiciens, les photochimistes et les micrographes trouveront chacun leur part. Mais, leurs efforts réunis auront un effet assez considérable pour être attrayants. En effet, l'emploi d'une lumière de 0.35, au lieu de la lumière ordinaire du jour, composée de rayons ayant une longueur d'onde moyenne de $\lambda = 0,55$, l'emploi d'une telle lumière, dis-je, aura le même avantage que si l'on élevait l'ouverture de nos objectifs actuels de 1.40 à 2.20 !

Agréez, Cher Monsieur, l'assurance de mes meilleurs sentiments.

Dr. S. CZAPSKI.

TABLE SYSTÉMATIQUE DES MATIÈRES.

INTRODUCTION.

CHAPITRE I.

Notions d'optique.

Lumière, généralités, p. 1. — Réflexion, p. 2. — Réfraction, p. 5. — Des lentilles et de leurs propriétés, p. 7. — Aberration de sphéricité, p. 13. — Aberration de réfrangibilité. — Achromatisme, p. 15. — Microscope simple, p. 17. — Microscope composé, p. 18.

CHAPITRE II.

La Théorie de la vision microscopique de M. le Prof. Abbe.

p. 20. — Conséquences générales, p. 26. — Conséquences spéciales, p. 28.

CHAPITRE III.

Expériences à l'appui de la Théorie de M. le Prof. Abbe

sur la vision microscopique, p. 31.

LIVRE PREMIER.

CHAPITRE I.

Le Microscope.

Généralités, p. 41.

CHAPITRE II.

Examen détaillé des parties du microscope.

LES PARTIES OPTIQUES DU TUBE.

LES OBJECTIFS. Généralités, p. 44. — Objectifs à monture fixe, p. 45. — Objectifs à correction, p. 45. — Objectifs à sec, p. 46. — Objectifs apochromatiques, p. 47. — Objectifs à très grande ouverture, p. 48. — Distance focale, p. 49. — Distance frontale, p. 50. — Qualités d'un bon objectif, p. 50. — Apertomètre d'Abbe, p. 52. — Résolutions théoriques des objectifs à ouverture numérique extrême, p. 55. — Du nombre des objectifs, p. 56.

LES TESTS.—Tests usuels, p. 57. — Pygidium de la Puce, p. 57. — Podura, p. 59. — *Pleurosigma angulatum*, p. 59. — *Surirella Gemma*, p. 61. — *Vanheurckia rhomboides*, p. 61. — *Amphipleura pellucida*, p. 62. — Test de Nobert, p. 63. — Test et prüben-platten de Möller, p. 66. — Test photographique de l'auteur, p. 67. — Test du Prof. Abbe, p. 67.

LES OCULAIRES. — Oculaire de Huygens, p. 69. — Oculaire de Ramsden, p. 70. Oculaire Orthoscopique, p. 70. — Oculaires compensateurs, p. 70. — Oculaires à projection, p. 71.

LA PLATINE. — Platine, valets, chariots, p. 73.

LES MOUVEMENTS. — Le mouvement rapide et le mouvement lent, p. 75.

LES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE. — Éclairage par transparence. Miroirs, p. 76. — Diaphragmes, p. 77. — Condenseurs, p. 78. — Condenseur d'Abbe, p. 79. — Condenseurs de MM. Powell & Lealand, p. 82. — Chromatic oil condenser, p. 82. — Achromatic condenser, p. 82. — Achromatic oil condenser, p. 83. — Condenseur apochromatique, p. 83. — Règles pour l'emploi des condenseurs, p. 84.

ÉCLAIRAGE DES CORPS OPAQUES, Miroir, p. 85. — Lentilles condensatrices, p. 85. — Miroirs de Lieberkuhn, p. 85. — Vertical illuminator, p. 85.

CHAPITRE III.

Les appareils accessoires.

Micromètres, p. 87. — Micromètres-oculaires, p. 87. — Micromètre-objectif, p. 88. — Chambres claires, p. 89. — Appareils de polarisation, p. 91. — Darker's revolving selenite stage, p. 93. — Spectroscope, p. 94. — Indicateurs, p. 95. — Revolver, p. 96. — Adapteurs, p. 97. — Oculaire à dissection et prisme redresseur, p. 99. — Microscope binoculaire stéréoscopique, p. 100. — Oculaire comparateur du Dr H. Van Heurck, p. 101. — Éclairage artificiel du microscope : Lampes, p. 102. — Éclairage électrique, p. 102.

LIVRE II.

LES MICROSCOPES SIMPLES ET LES MICROSCOPES A PROJECTION.

CHAPITRE I.

Le microscope simple, p. 112.

CHAPITRE II.

Les microscopes à projection :

Microscope solaire, microscope à gaz et microscope photo-électrique, p. 115.

LIVRE III.

CHAPITRE I.

Emploi du microscope.

Situation et disposition du cabinet de travail, p. 122. — Choix de la lumière, p. 123. — Du grossissement, p. 125. — Règles hygiéniques à observer dans les recherches microscopiques, p. 125. — Exemple d'une observation au microscope, p. 127.

Choix d'un microscope, p. 130. — R. & J. Beck, à Londres, p. 133. — L. Benèche, à Berlin, p. 138. — Bézu, Hausser & Cie, à Paris, p. 142. — Gebruder Fromme, à Vienne (Autriche), p. 144. — Dr E. Hartnack, à Potsdam, p. 144. — E. Leitz, à Wetzlar, p. 149. — Nachet, à Paris, p. 157. — Powell & Lealand, à Londres, p. 163. — Carl Reichert, à Vienne (Autriche), p. 168. — Ross & Cie, à Londres, p. 177. — W. & H.

Seibert, à Wetzlar, p. 183. — H.R. Spencer, à Buffalo (N. Y.), p. 189. — James Swift and Son, à Londres, p. 189. — Watson and Sons, à Londres, p. 193. — Dr Carl Zeiss, à Iena, p. 199.

CHAPITRE II.

Mesure et reproduction des objectifs microscopiques.

Mesure des objets microscopiques, p. 211. — Mesure du pouvoir amplifiant, p. 213. — Dessin des objets microscopiques, p. 213.

Photomicrographie.

Les Installations : Installation à la Woodward, p. 216. — Installation habituelle, p. 216. — Disposition de l'auteur, p. 217. — Les appareils : A. Nachet, à Paris, p. 218. — Carl Reichert, à Vienne, (Autriche), p. 223. — Dr Carl Zeiss, à Iena, p. 233. — E. Leitz, à Wetzlar, p. 225. — Appareil photomicrographique du Dr Henri Van Heurck, p. 225. — Les éclairages : Lumière solaire, p. 228. — Eclairage électrique, p. 231. — Eclairage oxyhydrique, p. 232. — Éclairage au pétrole, p. 233. — Lumière des nuages blancs, p. 233. — Les procédés opératoires : Production du cliché, p. 235. — Développateur, p. 235. — Parfait développateur à l'hydroquinone et à l'Eosine de P. Mercier, p. 235. — Clichés ordinaires et clichés surexposés, p. 236. — Instantanés et clichés peu posés, p. 237. — Renforçage du cliché, p. 237. — Développateur de l'auteur, p. 237. — Fixateur, p. 238. — Tirage sur papier, p. 240. — Papier iso-vireur au Nitrate d'Urane de P. Mercier, p. 240. — Indications générales, p. 240. — Note de Mr le Dr R. L. Maddox, p. 242. — Note de Mr Andrew Pringle, p. 247. — Note de Mr Comber, p. 247.

CHAPITRE III.

Causes d'erreurs dans les observations microscopiques.

Irisation et diffraction, p. 249. — Mouches volantes, impureté des verres, p. 250. — Les défauts de l'œil, p. 251.

CHAPITRE IV.

Conservation du microscope, p. 252.

LIVRE IV.

CHAPITRE I.

Notions générales sur la préparation des objets microscopiques.

Milieux pour l'observation, la préparation et la conservation des objets microscopiques, p. 254. — Milieux aqueux et oléagineux : Chlorure de calcium, p. 255. — Glycérine, p. 255. — Gelée à la glycérine, p. 255. — Eau camphrée, p. 255. — Eau saccharinée, p. 256. — Huile fine, p. 256. — Liquide N° 28, p. 256. — Milieux résineux : Baume de Canada, p. 257. — Styrax et Liquidambar, p. 258. — Médiums chimiques : Monobromure de Naphtaline, p. 260. — Iodure de méthyle, p. 260. — Médium à haut indice, 2.4 ou médium arsénical, p. 261.

Réactifs chimiques et réactifs colorants.

Chlorure de zinc iodé, p. 264. — Eau iodée, p. 264. — Nitrite de mercure, p. 264. — Ether, p. 264. — Alcool, p. 264. — Oxyde ammoniaco-cuprique, p. 264. — Acide nitrique, p. 264. — Acide sulfurique, p. 264. — Chlorate de potasse, p. 264. — Potasse caustique, p. 265.

Réactifs colorants : Campêche, p. 266. — Carmin, p. 266. — Picro-carminate ou colorant double de Ranvier, p. 266. — Sulpho-indigotate de soude, p. 266. — Nigrosine, p. 266.— Violet à l'iode, p. 267. — Fuchsine, p. 267. — Colorant double aux anilines, p. 267. — Vert de Méthyle, p. 268.

Instruments employés pour la préparation des objets. — Emploi des microtomes.

Rasoirs, p. 268. — Aiguilles, p. 268. — Aiguilles à cataracte, p. 269. — Bruxelles ou presselles, p. 269. — Etau à main, p. 269. — Baguettes de verre, p. 269 — Coupes à la main et coupes au microtôme, p. 269. — Microtôme de Topping, p. 270. — Microtôme de M. A. Nachet, p. 270.—Microtômes de M. Carl Reichert, p. 273.— Microtôme de M. Leitz, p. 273. — Microtôme de MM. Watson & sons, p. 273. — Sections par congélation, p. 274. — Sections par inclusion, p. 274.

Coloration des tissus.

p. 275. — Préparations des tissus végétaux à simple coloration, p. 276. — Coupes végétales à double coloration : au vert, à l'Iode, p. 277. — Au picro-carminate, p. 278.

Achèvement des préparations.

Cellules carrées, p. 278. — Cellules rondes : Tournette, p. 279. — Conservation des préparations, p. 280.

CHAPITRE II.

Bibliothèque du Micrographe :

Journaux périodiques, p. 281. — Histoire du microscope, p. 282. — Ouvrages généraux, p. 283. — Photomicrographie, p. 284.

LIVRE V.

Le Microscope dans le passé et dans l'avenir :

1. Le microscope dans le passé.

Notions sur l'histoire du Microscope, p. 285. — Travail des lentilles, p. 285. — Tour d'opticien, p. 286. — Bassin, p. 286. — Balle, p. 287. — Calibre, p. 287. — Molette, p. 288. — Microscope simple, p. 288. — *Vitrum pulicarium*, p. 288. — Microscope de Leeuwenhoeck, p. 288. — Les lentilles taillées et les lentilles en verre fondu, p. 289. — Microscope de Wilson, p. 290. — Microscope de Cuff, p. 290. — Microscope de Raspail, p. 291. — Microscope composé, p. 293. — Microscope de Zaccharias Janssen, p. 293. — Microscope de Hooke, p. 294. — Microscope de Campani, p. 294. — Microscope du Pére Chérubin d'Orléans, p. 294. — Microscope de Grindelius, p. 294. — Microscope du Pêre Bonanni, p. 295. — Microscope de John Marshall, p. 295. — Microscope de Culpeper et Scarlet, p. 296. — Microscopes de Nuremberg, p. 297. — Microscope de Cuff, p. 297. — Microscopes d'Adams, p. 298. — Microscope de Dellebarre, p. 299. — Grand microscope universel de Martin, p.300. — Microscope de Jones, p. 301. — Objectif achromatique de Beeldsnyder, p. 301. — Lentilles achromatiques et microscope de Van Deyl, p. 301. — Microscope de Selligue, p. 302. — Microscope achromatique d'Amici, p. 303. — Microscope Universel de Charles Chevalier, p. 304.

2. Le microscope dans l'avenir.

Lettre de M. le Dr Siegfried Czapski, p. 306.

WELLCOME LIBRARY